



**Carlota Faria Rodrigues**

Licenciada em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

**Análise da Eficiência na Gestão do  
Risco de Fornecedores: Aplicação de  
um modelo *Data Envelopment Analysis***

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Engenharia e Gestão Industrial

Orientador: Prof. Doutora Alexandra Tenera  
Professora Auxiliar, FCT-UNL

Júri:

Presidente: Prof. Doutora Maria Celeste Rodrigues Jacinto  
Arguente: Prof. Doutor Nuno Alexandre Correia Martins Cavaco  
Vogais: Diretora Financeira Margarida Maria Alves Ferreira Alves  
Prof. Doutora Alexandra Maria Baptista dos Ramos Tenera



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

**Setembro de 2015**



**Universidade Nova de Lisboa**  
**Faculdade de Ciências e Tecnologia**

**Análise da Eficiência na Gestão do Risco de Fornecedores:  
Aplicação de um modelo *Data Envelopment Analysis***

Carlota Faria Rodrigues  
Licenciado em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

**Orientador:** Prof. Aux. Doutora Alexandra Tenera  
Faculdade de Ciências e Tecnologia da  
Universidade Nova de Lisboa

**Setembro 2015**



**Análise da Eficiência na Gestão do Risco de Fornecedores: Aplicação de um modelo *Data Envelopment Analysis***

Copyright © Carlota Faria Rodrigues, Universidade Nova de Lisboa – Faculdade de Ciência e Tecnologia

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



## Agradecimentos

Na realidade é que se fosse mencionar todas as pessoas que contribuíram, direta ou indiretamente, para o desenvolvimento desta dissertação uma página não seria suficiente pelo que de seguida apenas se destacará algumas delas a título de exemplo.

Começo por agradecer à minha orientadora, Professora Doutora Alexandra Tenera, pelo acompanhamento, sugestões e incentivos durante o desenvolvimento deste trabalho. Mesmos nos tempos de maior dificuldade e desânimo, nunca deixou de acreditar em mim e nunca deixou de lutar para que esta dissertação fosse terminada.

À organização e todos os colegas na qual este trabalho foi desenvolvido agradeço todo o tempo disponibilizado e toda a preocupação que demonstraram ao longo de todo este percurso. Em particular, agradeço à Exma. Diretora da área Financeira da Unidade de Negócio, onde foi desenvolvido o estudo, e ao Exmo. Diretor da área do *Procurement*, que para além da ajuda dada em todos os dados e informações obtidos, o suporte dos mesmos foi constante.

À minha mãe que em todo o meu percurso académico demonstrou o seu apoio, aconselhou-me e, acima de tudo, motivou-me. Estou eternamente grata por tudo o que me deu e pelos valores que me transmitiu, que fazem de mim aquilo que sou hoje e que me permite sonhar mais alto e ambicionar algo mais para mim. Ao meu pai e irmão, que mesmo nos tempos difíceis me deram a mão e tornaram os momentos difíceis em momentos mais fáceis de suportar e superar.

Aos meus amigos, à família que eu escolhi, um muito obrigado pela ajuda, palavras de motivação e paciência nos momentos de maior dificuldade e ansiedade. Em particular à Joana Lourenço, Fábio Almeida, Luís Reis e Ana Catarina Gago. A todos os meus amigos, agradeço os momentos de convívio, cumplicidade, amizade e descontração ao longo do meu percurso de vida. Cada um de vocês contribuiu, com maior ou menor intensidade, para o meu crescimento pessoal.

Por fim, e não menos importante, agradeço ao meu querido amigo Hermínio Azevedo de Carvalho, que foi a fonte motivadora para terminar todo este trabalho. Agradeço por todo o suporte, por toda a confiança na minha pessoa, por todo o apoio e conselhos dados. Obrigado a toda a família Azevedo de Carvalho pelos momentos proporcionados e por todo o vosso apoio.





## Resumo

Atualmente a tendência dos negócios leva a cadeias de abastecimento complexas e dinâmicas, que consequentemente levanta questões relativas ao aumento do risco de fornecimento em torno dessas mesmas cadeias; pelo que existe cada vez mais uma necessidade dos gestores identificarem e gerirem o risco de um modo mais diversificado. Associado às cadeias de abastecimento estão os fornecedores. A maioria dos riscos relativos a estes, está incluída no contexto de risco de fornecimento, resultando assim numa problemática de seleção e avaliação de fornecedores. Riscos como baixa qualidade, atrasos na entrega, falha ou interrupção de fornecimento, são exemplos de fatores de risco associados.

Neste contexto, um dos maiores desafios para as organizações atualmente é trabalharem com os melhores fornecedores do mercado, procurando garantir a estabilidade em termos de fornecimento, com as melhores condições possíveis, quer a nível de preço, qualidade, entre outros, exigindo cada vez mais relações comerciais eficientes com os fornecedores.

Assim, este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um modelo baseado no método *Data Envelopment Analysis* (DEA), que permite às organizações avaliar e melhorar a eficiência das suas relações comerciais na gestão de risco de fornecimento nas suas cadeias de abastecimento. Como tal, o modelo proposto é dividido em dois casos, que diferem pela origem da obtenção dos seus valores. Ou seja, num dos casos é aplicada uma avaliação externa à organização, e no outro é utilizada uma avaliação interna, o que permitirá discutir a sua utilização.

Segundo o modelo proposto verificou-se que a eficiência média foi de 93% no caso I e 94% no caso II. Concluindo-se ainda ambos os casos necessitam de melhorias nos fornecimentos ao nível de: Qualidade, Logística e Tecnologia, ou seja, melhorar a qualidade dos serviços prestados, diminuir os seus prazos de execução dos serviços/fornecimento de material e aumento do conhecimento tecnológico.

**Palavras-chave:** Risco; Fornecedores; Gestão de risco de fornecedores; *Data Envelopment Analysis*; Eficiência;



## **Abstract**

The current trend in business leads to complex and dynamic supply chains, therefore questions are raised about the increase risk revolving around those same chains. There is an increasing need for diversity of risk identification and management by the managers.

Linked to the supply chain are the suppliers, as a result the major part of risks are incorporated into the risks of the supply chain, raising the issue of your selection and evaluation for reducing those risks. Risks such as low quality, delivery delays, supply failure or suspension, among others.

In this context, one of the major challenges for the organizations these days is work with the top suppliers in the market, who can ensure supply stability, under the best possible conditions both for price, quality, among others.

Therefore, this work is aimed at model development, on the basis of the Data Envelopment Analysis (DEA) method, allowing the organizations assess and improve the efficiency of their commercial relationships in supply risk management in their supply chains. As such, the proposed model was divided into two cases that differ in the source from which the values were obtain, in one case it's applied an external evaluation to the organization, in the other it's applied an internal evaluation, which will allow discuss its use with different available information.

According to the proposed model, it was concluded that the average efficiency is 93% and 94% and the majority of the suppliers is inefficient in both cases, they need to improve their services in terms of quality, logistic and technology, that is, improve the quality of the provided services, reduce their lead times on services executions/supply materials and increase technological knowledge.

**Keywords:** Risk; suppliers; suppliers risk management; Data Envelopment Analysis; efficiency:



# Índice

<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 ENQUADRAMENTO DA INVESTIGAÇÃO.....	1
1.2 OBJETIVOS DO ESTUDO .....	2
1.3 METODOLOGIA APLICADA .....	2
1.4 ORGANIZAÇÃO DO CONTEÚDO DO RELATÓRIO .....	4
<b>CAPÍTULO 2 – EFICIÊNCIA NA GESTÃO DE RISCO DE FORNECEDORES.....</b>	<b>7</b>
2.1 GESTÃO DE FORNECEDORES.....	7
2.1.1 <i>Qualificação e Seleção de Fornecedores</i> .....	9
2.1.2 <i>Desenvolvimento e Avaliação de Fornecedores</i> .....	11
2.2 GESTÃO DE RISCO DE FORNECEDORES .....	13
2.2.1 <i>Definição do Risco</i> .....	13
2.2.2 <i>Gestão de Risco</i> .....	16
2.2.3 <i>Risco e Gestão de Risco aplicados à Seleção/Gestão de Fornecedores</i> .....	18
2.3 DATA ENVELOPMENT ANALYSIS: FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIAS .....	31
2.3.1 <i>Enquadramento</i> .....	31
2.3.2 <i>Pressupostos</i> .....	33
2.3.3 <i>Vantagens e Desvantagens do DEA: Vantagens e Desvantagens</i> .....	33
2.3.4 <i>Modelos DEA tradicionais: CCR e BCC</i> .....	35
2.3.5 <i>Outros modelos DEA</i> .....	44
<b>CAPÍTULO 3 – GESTÃO DE RISCO DE FORNECEDORES NA ORGANIZAÇÃO E MODELO DE AVALIAÇÃO PROPOSTO</b>	<b>47</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO E MODELO ATUAL .....	47
3.1.1 <i>Seleção e Qualificação de Fornecedores</i> .....	48
3.1.2 <i>Avaliação de Fornecedores</i> .....	48
3.1.3 <i>Classificação de Fornecedores (CF)</i> .....	53
3.1.4 <i>Desenvolvimento do Fornecedor</i> .....	55
3.2 MODELO DE AVALIAÇÃO PROPOSTO .....	57
3.2.1 <i>Inquéritos de Satisfação do Cliente</i> .....	57
3.2.2 <i>DEA na Análise de Gestão de Risco de Fornecedores na Organização</i> .....	57
3.2.3 <i>Caracterização das variáveis do modelo</i> .....	58
3.2.4 <i>Apresentação do modelo</i> .....	61

<b>CAPÍTULO 4 – APLICAÇÃO DO MODELO DE AVALIAÇÃO PROPOSTO .....</b>	<b>63</b>
4.1 DADOS RECOLHIDOS .....	63
4.2 APLICAÇÃO DO MODELO PROPOSTO .....	67
4.2.1 <i>Definição das DMUs</i> .....	67
4.2.2 <i>Definição dos inputs e outputs</i> .....	68
4.2.2.1 <i>Inputs</i> .....	68
4.2.2.2 <i>Outputs</i> .....	69
4.3 ANÁLISE DE RESULTADOS .....	71
4.3.1 <i>Aplicação do modelo</i> .....	71
4.3.1.1 Caso I: Avaliação Externa.....	72
4.3.1.2 Caso II: Avaliação Interna .....	77
4.4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS ALCANÇADOS.....	89
4.4.1 <i>Caso I</i> .....	90
4.4.2 <i>Caso II</i> .....	92
4.4.3 <i>Análise comparativa</i> .....	94
<b>CAPÍTULO 5 – PRINCIPAIS CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FUTURAS .....</b>	<b>97</b>
5.1 PRINCIPAIS CONCLUSÕES DO ESTUDO.....	97
5.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	100

## Índice de Figuras

Figura 2.1- Processo dinâmico da Seleção de Fornecedores/Parceiros .....	9
Figura 2.2 – Diagrama do risco.....	22
Figura 2.3 – Exemplos de Modelos analíticos existentes para a seleção de fornecedores.....	25
Figura 2.4 – Fronteiras de eficiência modelo BCC e CCR e tipos de rendimentos à escala.....	42
Figura 3.1 – Gestão de Fornecedores.....	47
Figura 3.2 - Processo CF por categorias .....	54
Figura 3.3 – Processo CF global com classificação final do fornecedor .....	55
Figura 3.4 - Desenvolvimento de Fornecedores: Avaliação Estratégica vs. Avaliação do Desempenho ...	56
Figura 4.1 – Classificação das DMUs por eficiência no caso I .....	92
Figura 4.2 - Classificação das DMUs por eficiência no caso II.....	94





## Índice de Tabelas

Tabela 2.1 - Revisão de alguns dos critérios de avaliação de fornecedores.....	12
Tabela 2.2 - Escala de avaliação de impacto .....	22
Tabela 2.3 - Escala de avaliação de probabilidade de ocorrência.....	22
Tabela 2.4 – Abordagens DEA para a seleção de fornecedores .....	32
Tabela 3.1 - Categorias e Critérios da ADF.....	49
Tabela 3.2 – Classificações e respectivos níveis da ADF.....	50
Tabela 3.3 - Categorias e Critérios de AEF .....	50
Tabela 3.4 – Classificações e respectivos níveis da AEF .....	51
Tabela 3.5 – Categorias e Critérios de ARF .....	52
Tabela 3.6 – Classificações e respectivos níveis da ARF.....	53
Tabela 3.7 - Possíveis inputs baseados no levantamento bibliográfico .....	59
Tabela 3.8 – Possíveis outputs baseados no levantamento bibliográfico.....	60
Tabela 4.1 - Volume de compras, encomendas, tempo de abertura e indicador D&B .....	63
Tabela 4.2 – Valores médios obtidos por categoria dos ISCs no AF14.....	65
Tabela 4.3 – Valores médios obtidos por categoria da GF ADF no AF14 .....	66
Tabela 4.4 – <i>Inputs</i> do modelo.....	68
Tabela 4.5 – <i>Inputs</i> e <i>outputs</i> para o caso I.....	70
Tabela 4.6 - <i>Outputs</i> para o caso II.....	70
Tabela 4.7 – Pontuações de eficiência e respectivas folgas para cada DMU aplicando o caso I .....	72
Tabela 4.8 – Valores meta dos inputs e outputs para cada DMU no caso I.....	75
Tabela 4.9 – Benchmarks de referência para DMUs ineficientes do caso I.....	76
Tabela 4.10 – Benchmarks para cada DMU ineficiente no caso I.....	77
Tabela 4.11 – Outputs para o caso II à escala das avaliações ISCs .....	78
Tabela 4.12 - Pontuações de eficiência e respectivas folgas para cada DMU aplicando o caso II.....	79
Tabela 4.13 – Valores meta de inputs e outputs para cada DMU para o caso II .....	82
Tabela 4.14 – Benchmarks de referência para DMUs ineficientes do caso II .....	87
Tabela 4.15 – Benchmarks para cada DMU ineficiente no caso II.....	87



## Nomenclatura e Abreviaturas

AC	Área de Compras
ACC	Área de Compras Corporativa
ADF	Avaliação do Desempenho do Fornecedor
AEF	Avaliação Estratégica do Fornecedor
AF	Avaliação do Futuro
AF14	Ano Fiscal 2014
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i> (Método Analítico Hierárquico)
ANP	<i>Analytical Network Process</i>
AP	Avaliação do Passado
ARF	Avaliação do Risco do Fornecedor
BCC	Banker, Charnes e Cooper
C	Confiança
CA	Cadeia de Abastecimento
CCR	Charnes, Cooper and Rhodes
CF	Classificação de Fornecedores
CRS	<i>Constant Returns of Scale</i> (Rendimentos à Escala Constantes)
CT	Conhecimento Técnico
D	Disponibilidade
D&B	Indicador <i>Dun &amp; Bradstreet</i>
DEA	<i>Data Envelopment Analysis</i> (Análise Envoltória de Dados)
DF	Desenvolvimento de Fornecedores
DMU	<i>Decision Making Units</i> (Unidades Observáveis de Tomada de Decisão)
DRS	<i>Decreasing Returns to Scale</i> (Rendimento à Escala Decrescente)
FDH	<i>Free Disposal Hull</i>
FST	<i>Fuzzy Set Theory</i> (Teoria dos Conjuntos <i>Fuzzy</i> )
GCA	Gestão da Cadeia de Abastecimento
GF	Gestão de Fornecedores
GP	Gestor de Projeto
GRCA	Gestão de Risco da Cadeia de Abastecimento
IRS	<i>Increasing Returns to Scale</i> (Rendimentos à Escala Crescente)
ISC	Inquérito de Satisfação de Clientes

L	Logística
LFP	Lista de Fornecedores Preferenciais
MADM	Metodologias de Análise de Decisão Multicritério
MI	Índice de <i>Malmquist</i>
MOP	<i>Multi-Objective Programming</i> (Programação Multi-Objetivo)
NME	Número Medio de Encomendas
P	Pro-atividade
PMBOK	<i>Project Management Body of Knowledge</i> (Corpo de Conhecimento de Gestão de Projetos)
Pr	Compra/Preço
Q	Qualidade
RTS	<i>Returns to Scale</i> (Rendimentos à Escala)
SAP	<i>System Applications and Products</i>
SCRM	<i>Supply Chain Risk Management</i> (Gestão de Risco da Cadeia de Abastecimento)
T	Tecnologia
TA	Tempo de Abertura
TCO	<i>Total Cost of Ownership</i>
TOPSIS	<i>Technique to Order Preference by Similarity to Ideal Solution</i> (Técnica para avaliar o desempenho de alternativas através de similaridade com a solução ideal)
TR	Tempo de Resposta
UN	Unidades de Negócio
VC	Volume de Compra
VRS	<i>Variable Returns to Scale</i> (Rendimentos à Escala Variável)

## Lista de Símbolos

$Aval_{ADF}$	Pontuação obtida do <i>output</i> na Avaliação de Desempenho de Fornecedores realizada pelos Gestores de Projetos
$Aval_{ISC}$	Pontuação obtida do <i>output</i> na Avaliação dos fornecedores realizada pelos Clientes
$DMU_j$	DMU da amostra
$DMU_o$	DMU da amostra em análise
$D\&B_M$	Valor-meta do parâmetro D&B
$D\&B_R$	Pontuação do parâmetro D&B real
$L_{Ra}$	Pontuação do parâmetro Logística real, com $a = I, II$
$q$	Pontuação de eficiência no modelo primal
$Q_{Ra}$	Pontuação do parâmetro Qualidade real, com $a = I, II$
$M$	Número total de <i>inputs</i>
$NME_M$	Valor-meta do parâmetro Número Médio de Encomendas
$NME_R$	Pontuação do parâmetro Número Médio de Encomendas real
$n$	Número total de DMUs da amostra
$s$	Número total de <i>outputs</i>
$s_i^{-*}$	Variável de folga do <i>input</i> $i$ , com $i = VC, D\&B, NME$
$s_r^{+*}$	Variável de folga do <i>output</i> $r$ , com $r = Q_{Ra}, L_{Ra}, T_{Ra}$
$T_{Ra}$	Pontuação do parâmetro Tecnologia real, com $a = I, II$
$VC_M$	Valor-meta do parâmetro Volume de Compra
$VC_R$	Pontuação do parâmetro Volume de Compra real
$x_{ij}$	Quantidade de <i>input</i> $i$ consumida pela $DMU_j$ , $i = VC, D\&B, NME$
$x_{io}$	Quantidade de <i>input</i> $i$ produzido pela $DMU_o$ , $i = VC, D\&B, NME$
$\hat{x}_{io}$	Meta do <i>input</i> $i$ para a $DMU_o$ , $i = VC, D\&B, NME$
$y_{ro}$	Quantidade de <i>output</i> $r$ produzido pela $DMU_o$ , $r = Q_{Ra}, L_{Ra}, T_{Ra}$
$y_{rj}$	Quantidade de <i>output</i> $r$ consumida pela $DMU_j$ , $r = Q_{Ra}, L_{Ra}, T_{Ra}$
$\hat{y}_{ro}$	Meta do <i>output</i> $r$ para a $DMU_o$ , $r = Q_{Ra}, L_{Ra}, T_{Ra}$
$u_r$	Peso do <i>output</i> $r$ , $r = Q_{Ra}, L_{Ra}, T_{Ra}$
$v_i$	Peso do <i>input</i> $i$ , $i = VC, D\&B, NME$
$\phi^*$	Pontuação de eficiência no modelo primal com orientação para o <i>input</i>
$\theta^*$	Pontuação de eficiência no modelo dual com orientação para o <i>output</i>

$\varepsilon$	Número infinitamente pequeno e positivo
$\lambda_j$	Contribuição da DMU <sub>j</sub> na meta da DMU <sub>0</sub> (Benchmark)
$v_0$	Variável relacionada com o tipo de rendimentos à escala no modelo BCC
$z_n$	Transformação da proporcionalidade direta de $Aval_{ADF}$ para $Aval_{ISC}$

# Capítulo 1 – Introdução

Neste capítulo é realizada uma breve introdução ao tema a abordar, a motivação para o fazer e é feita uma descrição dos objetivos que se pretende alcançar. Estabelece-se a metodologia utilizada para o cumprimento desses objetivos detalhando, adicionalmente, a estrutura da dissertação.

## 1.1 Enquadramento da investigação

A gestão da cadeia de abastecimento, atualmente, levanta questões relativas ao risco associado a fornecedores das organizações, envolvendo atividades essenciais como a gestão do relacionamento com os mesmos, a definição do seu processo e ainda a sua estratégia. Simultaneamente e progressivamente têm-se vindo a privilegiar a qualidade da seleção do fornecedor.

A baixa qualidade dos produtos e serviços, falhas ou interrupções de fornecimento e atrasos de entrega são exemplos de fatores de risco associados aos fornecedores, segundo Ho, et al. (2015). Esses fatores são evidenciados através de alguns exemplos de recentes acontecimentos, como o caso Toyota devido ao terramoto e crise nuclear no Japão (Pettit, Croxton e Fiksel, 2013), o incêndio da fábrica Philips fornecedora da empresa Ericsson (Chopra e Sodhi, 2004; Ho, et al., 2015). O mais recente em que a Toyota e Nissan recolhem mais de 6,5 milhões de automóveis do campo, desde o ano 2008, com problemas no *airbag* fabricado pela empresa *Takata* ([http://www.dn.pt/inicio/globo/interior.aspx?content\\_id=4564894&page=-1](http://www.dn.pt/inicio/globo/interior.aspx?content_id=4564894&page=-1)). Assim sendo, nasceu toda uma nova envolvente relativa aos fatores de risco das cadeias de abastecimento (Ho, et al., 2015).

Neste sentido, o método *Data Envelopment Analysis* (DEA) ganha grande importância como ferramenta de avaliação da eficiência técnica nas organizações, pois permite avaliar a mesma de um conjunto de unidades que convertem múltiplos *inputs* em múltiplos *outputs* de uma forma objetiva e que requer poucos pressupostos. É uma ferramenta útil para a gestão, pois não só distingue as unidades eficientes das ineficientes mas também permite identificar as fontes de ineficiência e as melhores práticas, para que as unidades ineficientes possam melhorar o seu desempenho. Este método possibilita a medição dos *inputs* e *outputs* sem necessidade de especificar uma função produção que relacione os *inputs* e *outputs*, tornando-se bastante vantajosa em relação a outros métodos (Cooper, et al., 2011).

Tendo por base o DEA, o presente trabalho pretende destacar a importância de uma gestão eficiente do risco que os fornecedores representam, ao longo do tempo, durante as relações negociais com a organização.

Neste âmbito, surgiu a necessidade e interesse da organização no qual se desenvolveu a presente dissertação, em encontrar uma nova metodologia e menos morosa à existente, devido ao grande leque de fornecedores com quem trabalham e dos mais variados âmbitos e com características diversas.

## **1.2 Objetivos do estudo**

A gestão de fornecedores e, em particular, a sua gestão de risco é realizada através de um processo complexo que envolve a seleção de fornecedores que, segundo o volume de compra do ano fiscal anterior e/ou fornecedores de exclusividade de algum produto fulcral para a organização, são considerados como fornecedores importantes e de impacto. O trabalho desenvolvido nesta dissertação tem por base um caso de estudo e tem como objetivo apoiar a organização em três pontos fundamentais:

- Com base num modelo matemático, pretende-se avaliar a eficiência dos vários fornecedores considerados importantes e de impacto para a organização, tornando-o mais simples, rápido e concreto que o sistema atualmente implementado;
- Identificar as ações que devem ser tomadas de modo a melhorar a eficiência dos fornecedores e estes sejam considerados fornecedores de baixo risco;
- Destacar o contributo do DEA para uma gestão mais eficiente dos fornecedores e incentivar a sua aplicação nesse contexto.

Depois de uma análise de métodos e modelos da literatura que podiam ser utilizados na avaliação de eficiência, foi selecionado o método DEA, um método matemático de programação linear que possibilita obter resultados que estão em sintonia com os objetivos propostos.

## **1.3 Metodologia aplicada**

A metodologia utilizada na realização deste trabalho tem seis fases distintas e subsequentes: Planeamento do trabalho, revisão bibliográfica, desenvolvimento do modelo, aplicação do modelo, análise de resultados e conclusões.

Numa primeira fase, foi elaborado o planeamento do trabalho a realizar, definindo-se objetivos a atingir e a metodologia a seguir para os concretizar.

Estabelecidos os objetivos, iniciou-se o estudo com uma revisão da literatura com base na pesquisa de artigos científicos e livros relacionados com o risco, gestão de risco, gestão de fornecedores, avaliação de



fornecedores e metodologias de decisão multicritério. Uma vez que, neste trabalho se propõe a aplicação do método DEA para avaliar a eficiência dos fornecedores em termos de risco, fez-se uma revisão da literatura existente sobre a mesma, mais concretamente no âmbito da avaliação de fornecedores.

Após a construção de uma base sólida de conhecimentos teóricos para o desenvolvimento de todo o trabalho, a informação recolhida permitiu seleccionar os possíveis *inputs* e *outputs* mais relevantes na avaliação de eficiência de fornecedores e, posteriormente, definir o modelo mais adequado a utilizar e iniciar o seu desenvolvimento. Com a obtenção dos dados existentes na organização apropriados para as necessidades do estudo, verificou-se uma escassez de dados relativos aos *outputs*, o que levou a um desdobramento do modelo em dois casos e uma seleção dos *outputs* comuns a ambos, permitindo não só o estudo individual dos dois casos, mas também uma possibilidade de estudo comparativo entre eles. Após a seleção dos *inputs* e *outputs* finais foi aplicado o modelo DEA proposto a um conjunto de sete fornecedores no primeiro caso e de 50 no segundo caso.

Posteriormente, foi realizada uma análise crítica, detalhando o significados dos resultados obtidos, para serem compreendidos pela gestão e retiraram-se algumas conclusões primárias ao longo do estudo realizado.

Por fim, retiram-se conclusões do estudo realizado, destacando as vantagens do método DEA na avaliação da eficiência da gestão de risco de fornecedores e utilizando a classificação de Yang (2009), citado por Trindade (2014). Esta classificação possibilita uma categorização das DMUs consoante as pontuações de eficiência obtidas, identifica quais as que necessitam maior atenção por parte da gestão e permite uma comparação sucinta dos casos estudados. A classificação original é definida para a orientação para o *input*, pelo qua através da proporcionalidade inversa, foi feita uma transformação da mesma, para uma orientação para o *output*. As categorias definidas são:

- DMUs robustamente eficientes são aquelas que não possuem qualquer folga associada, e que a sua eficiência é igual a 1. Estas são consideradas robustas uma vez que não é expectável que exista uma diminuição excessiva na sua eficiência, a não ser que fator específico altere as condições do modelo. A pontuação de eficiência das DMUs pertencentes a este grupo é 1.
- DMUs marginalmente eficientes são aquelas cuja eficiência esta compreendida entre 0,9 e 1, exclusive. Estas são as principais candidatas a tornarem-se eficientes, pois um pequeno aumento dos *outputs* pode ser suficiente para se tornarem eficientes, porque esta melhoria não implica alterações significativas no processo.

- DMUs com eficiência média são aquelas em que a eficiência varia entre 0,7 e 0,9, exclusive. Estas não funcionam com uma eficiência elevada, produzindo *outputs* escassos para os resultados que apresentam. Para existir um aumento de eficiência, é necessário seguir como exemplo aquelas que apresentam uma eficiência máxima (“robustamente eficiente”). Após a implementação das ações de melhoria é de se esperar que as mesmas se façam sentir a médio prazo.
- DMUs distintamente ineficientes são aquelas cujas eficiências são reduzidas, ou seja, inferiores a 0,7. Não é expectável uma otimização a curto prazo, pois para além de uma implementação de melhores práticas observadas, é necessário realizar ações corretivas no processo.

Além da descrição do trabalho executado, foram compiladas as várias conclusões (para cada um dos casos realizados) e identificadas ações a implementar e ideias a desenvolver para dar continuidade a este trabalho. Assim, compilou-se um conjunto de recomendações para o trabalho futuro na organização onde teve lugar o presente estudo.

## 1.4 Organização do conteúdo do relatório

A estrutura desta dissertação encontra-se dividida em cinco capítulos. No primeiro capítulo é feito um enquadramento da situação que se quer estudar, os principais objetivos a atingir, a metodologia aplicadas e ainda a descrição da organização do documento.

No segundo capítulo é uma revisão bibliográfica dos temas que se abordam no trabalho, recorrendo a revistas científicas mais importantes existentes, relacionados com risco, gestão de risco, gestão de fornecedores, avaliação de fornecedores e metodologias de decisão multicritério. É uma compilação de fundamentos teóricos principais que serve como base a sustentação para o desenvolvimento posterior.

No terceiro capítulo é feita uma caracterização geral dos processos de avaliação de fornecedores e, em concreto, do processo de avaliação de risco de fornecedores alvos de estudo, e proposto o modelo DEA que permite exemplificar a aplicação técnica na avaliação da eficiência na gestão de risco de fornecedores. São abordados os possíveis *inputs* e *outputs* que podem influenciar o desempenho dos fornecedores.

No quarto capítulo é feita a especificação do modelo e a definição dos *inputs* e *outputs* a serem considerados para as duas amostras selecionadas para os casos avaliados. No fim do capítulo são apresentados os resultados obtidos e a sua discussão.

No quinto e último capítulo é feita um resumo das conclusões recolhidas no decorrer do estudo, sendo apontadas algumas recomendações para trabalhos futuros possíveis de aplicar na organização.



## Capítulo 2 – Eficiência na Gestão de Risco de Fornecedores

A gestão de risco e a eficiência dos fornecedores com quem as organizações têm relações são temas fulcrais no trabalho desenvolvido sobre a gestão de risco de fornecedores. Nesse sentido, é fundamental analisar as referências bibliográficas sobre estes conceitos, de modo a existir uma base de referência para compreensão do trabalho desenvolvido.

### 2.1 Gestão de Fornecedores

Hoje em dia, o clima negocial é caracterizado pelo aumento do número de competidores a nível global, que forçam as organizações a melhorar e aperfeiçoar os seus processos internos para se manterem competitivas. Organizações que pretendam manter um crescimento sustentável necessitam de sistemas de avaliação estratégicos robustos e com medição do desempenho. Desta forma correspondem à mudança contínua da procura dos clientes, e redução dos ciclos de vida dos produtos, competitividade e mercados globalizados (Parthiban, et al., 2012).

Os fornecedores contribuem para o desempenho e possuem um papel primordial na Cadeia de Abastecimento (CA) em que estão inseridos, devido à dependência das organizações sobre os mesmos. Sendo assim, é crucial avaliar e selecionar cuidadosamente os fornecedores com que a organização está disposta a desenvolver atividades (Tseng, 2015). É importante definir dois conceitos para esta dissertação: fornecedor e cadeia de abastecimento. Define-se fornecedor como uma entidade que fornece produtos/serviços para o mercado e que faz parte de uma CA, que inclui fabricantes, importadores, retalhistas, grossistas e empresas de contratação (Parthiban, et al., 2012). Por sua vez, define-se cadeia de abastecimento, por um grupo de organizações interligadas que participam e acrescentam valor ao longo de um fluxo de *inputs*, e que sofrem transformações desde a sua origem até aos produtos finais ou serviços solicitados pelos consumidores finais (Lu, 2011).

Atualmente as organizações que não tenham recursos internos suficientes para satisfazer a procura dos seus clientes recorrem ao *outsourcing*, ou seja, subcontratam produtos/serviços a outras organizações. Segundo vários autores, citados por Harland, et al., (2003), o *outsourcing* envolve o uso de especialistas para fornecer competências, tecnologias e recursos para proporcionar partes de um todo. Não só tem impactos sobre a organização e suas relações imediatas, mas também muda a estrutura e processos da rede de fornecimento. Ao juntar essas mudanças, este altera as estruturas industriais (Knight e Harland, 2000), alterando também o "equilíbrio" dos mercados de abastecimento (Walker et al., 2001).

Em muitos ambientes negociais, o *networking* é inevitável para uma resposta rápida e eficiente às mudanças do mercado por parte das organizações. Entende-se por *networking* as relações comerciais e de informação entre organizações. A colaboração em rede entre estas torna as suas relações mais profundas e interdependentes, contudo o seu desenvolvimento proporciona também maior oportunidade de redução de custos de transação, foco na área do seu *know-how*, acesso a tecnologias-chave e partilha de riscos de ambas as partes (Hallikas, et al., 2004).

Segundo Harland (1996), uma rede é definida por um tipo específico de relacionamento que liga um conjunto definido de pessoas, objetos ou eventos e, de acordo com a definição proposta por Jarillo (1988), as redes estratégicas são acordos poderosos entre organizações a longo prazo que potenciam vantagens competitivas sustentáveis. A título de exemplo, Nishiguchi (1994) relatou que as empresas japonesas organizam os seus fornecedores por hierarquias, em que os fornecedores de sistemas (em vez de apenas componentes) são considerados de primeira linha, ou fornecedores primários. Apesar de este tipo de estrutura proporcionar uma redução do número de fornecedores primários, também torna a organização compradora mais dependente do reduzido número selecionado. Baseado na literatura relacionada com o *Procurement*, segundo o autor, é possível concluir que a estratégia de compra integrada deve incluir questões como o valor do posicionamento na CA, definição de objetivos, estrutura da organização, decisões estratégicas de utilização de recursos internos ou subcontratação (que deve ser incluída na avaliação estratégica central da organização), ponderar diferentes estratégias (competitividade, parceria ou rede estratégica) e a ligação entre estratégias - a nível central e operacional - da organização (Virolainen, 1998; Hallikas, et al., 2004).

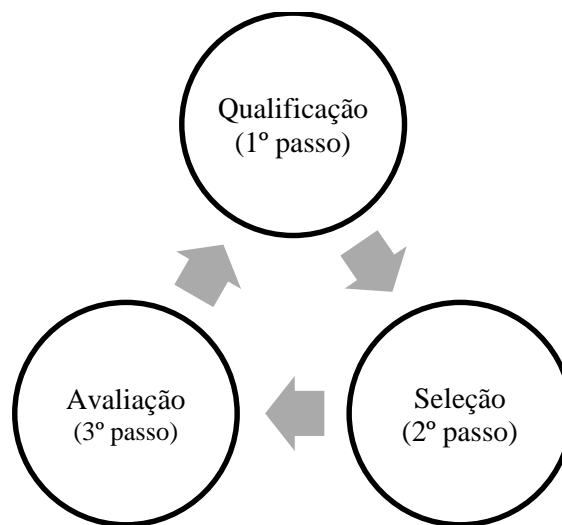
Devido ao desenvolvimento de todas as atividades envolvidas à CA, com o tempo a sua gestão e a compra estratégica têm adquirido extrema importância como competências críticas e fontes de vantagem competitiva nas organizações (Ellram and Liu, 2012). Segundo Leenders et al. (2002) e Che et al. (2004), a construção de parcerias estratégicas com fornecedores torna-se assim um dos principais modos de gestão, por parte das organizações, das suas cadeias de abastecimento (Adobor & McMullen, 2014).

De acordo com Lee e Humphreys (2006), a função de compra tradicional nas organizações evoluiu para um processo estratégico. Este pode ir de encontro a um dos três modos: ou seguir objetivos corporativos específicos, ou ganhar vantagem competitiva, ou obter algum objetivo de responsabilidade social. Os gestores de compra que o realizam este processo segundo estes objetivos, procuram fornecedores que podem trazer algum impacto positivo para o desempenho da organização. Embora parcerias comprador-fornecedor sejam conhecidas por criar benefícios para ambos (Froich and Westbrook, 2001), a construção dessas relações negociais constituem um desafio.

É necessário primeiramente encontrar um fornecedor desejado para a redução de risco de falha na relação (Das and Teng, 2002), fornecedor este com características tais como prosperidade, recursos financeiros, especialização tecnológica, posição no mercado, reputação e singularidade (BarNir and Smith, 2002), um historial de parcerias (Gulati, 1995) e a competência da organização. Na perspectiva da compra encontrar e selecionar o fornecedor “certo”, em termos de competências, pode ser a função mais importante na compra estratégica (de Boer et al., 2001; Adobor & McMullen, 2014).

### 2.1.1 Qualificação e Seleção de Fornecedores

Para realizar a sua atividade competitivamente, cada vez mais a problemática da seleção de fornecedores/parceiros é crucial no processo de tomada de decisão da organização. Envolvendo a recolha de dados e uma análise cuidadosa de fatores que podem influenciar de forma positiva, ou negativa, a escolha é uma atividade que consome recursos e tempo da organização. Como já foi referido anteriormente, as organizações hoje em dia necessitam de reforçar a sua competitividade constantemente, pelo que a necessidade de fornecedores fiáveis e eficientes é crucial, com o fim de aumentar os seus lucros e promover valor junto do cliente (Krause et al., 1998). A fase da seleção de fornecedores é normalmente o segundo passo do processo, como se pode verificar na figura 2.1.



**Figura 2.1- Processo dinâmico da Seleção de Fornecedores/Parceiros**

Adaptado de: Ávila, et al. (2012)

Este processo é considerado dinâmico, devido a ser contínuo e considerar novos fornecedores, nova informação relacionada com os mesmos e à conclusão de exclusão de outros após sua avaliação.

Na literatura existente, os métodos de seleção do melhor fornecedor iniciam-se com a identificação dos critérios. Segundo Dickson (1966), baseado em 170 compradores e gestores, identificou 23 critérios para avaliar os fornecedores. Weber et al. (1991) com base em 74 artigos relacionados, concluiu que o critério da qualidade é considerado o mais importante para as organizações, seguindo-se pela entrega e custo. Segundo os autores Talluri e Narasimhan (2001) existem dois pontos de vista diferentes que devem ser tidos em consideração: o conceptual e o empírico, pelo que o critério de custo não deve ser o único fator decisivo na seleção de um fornecedor. Lehmann e O'Shaughnessy (1992), propõem cinco critérios seletivos: desempenho, economia, plenitude, acordos e normas sociais. Os autores Caddick e Dale (1987) propõem qualidade, plano de produção, sistema de controlo de validade, atividade histórica, categoria de item e preço. Enquanto Patton (1996), citado por Ávila et al. (2012), propõe sete critérios: preço, qualidade, entrega, suporte de vendas, equipamento, tecnologia, processo de encomenda e posição financeira do fornecedor. Tradicionalmente, segundo (Kull & Talluri, 2008; Krause, et al., 2001), a seleção desses critérios advém das prioridades competitivas do departamento de compras: custo, qualidade, entrega, flexibilidade e inovação. Contudo, outros critérios (subjativos) devem ser considerados, segundo os autores Kannan & Tan (2002) e Wayn-Mitchell (1995), citados pelos autores Kull & Talluri (2008), denominados por critérios *soft selection* – tais como a integridade do fornecedor, a estratégia associada e a exposição ao risco – são critérios de carácter importante.

É possível verificar que não existe uma seleção fixa de critérios de fornecedores, mas que este processo de seleção tem de ir de encontro aos valores da organização, e do que esta considera relevante no fornecedor. Existem várias metodologias de análise de decisão multicritério com possível aplicação na seleção de fornecedores, que são descritas posteriormente na presente dissertação.

Todos os métodos e procedimentos focam-se na seleção dos melhores fornecedores com base na média dos dados existentes, e a elegibilidade do fornecedor é feita na altura da tomada de decisão. Este processo é repetido periodicamente e têm o foco em selecionar um *portfolio* de fornecimento, que garanta a satisfação das necessidades dos clientes, em alturas de flutuação da procura, ou entrega.

Contudo, a nova problemática é dirigida à seleção de fornecedores baseada no seu desenvolvimento e tendência global ajustada ao cliente a longo termo. O risco de falha é a longo termo, e baseada na covariância entre os valores tendência de fornecedores, em vez da habilidade dos mesmos em cooperar em ambientes estocásticos. Portanto, o resultado é um conjunto de fornecedores que tem maiores oportunidades de melhoria, menores riscos e que se adapte melhor ao cliente.



A mudança e desenvolvimento dos fornecedores podem ser analisados através de um *portfolio* teórico que se baseia na gestão dos relacionamentos comprador-fornecedor e no desenvolvimento de fornecedores como um investimento, enquanto são considerados o envolvimento do fornecedor e os seus potenciais riscos (Hosseininasab & Ahmadi, 2015).

### **2.1.2 Desenvolvimento e Avaliação de Fornecedores**

Existem pelo menos duas fases distintas no processo de gestão de fornecedores. Primeiramente, a avaliação de fornecedores é realizada durante o processo de seleção, que tem como objetivo final definir uma ordem de preferência entre os potenciais fornecedores. Posteriormente, na fase de desenvolvimento de fornecedores, onde existe uma avaliação regular dos fornecedores com o objetivo de gerir e proporcionar melhorias na relação comprador-fornecedor. Nesta última fase, o objetivo principal é avaliar os fornecedores individualmente de modo a planear e implementar iniciativas que promovem a melhoria de desempenho, e capacidades do fornecedor para melhor satisfazer as necessidades de fornecimento. O ponto principal da avaliação de fornecedores na fase de desenvolvimento, ao contrário da fase de seleção, é avaliar o desempenho dos fornecedores individuais, em comparação com os níveis desejados de desempenho.

As iniciativas de desenvolvimento de fornecedores podem incluir programas de melhoria contínua para os certificados de sistemas de gestão, conhecimento e transferência de recursos para melhorar o *co-design* e as capacidades produtivas (Krause, 1997; Blome et al., 2014; Dekkers et al., 2013; He et al., 2014). Este processo é especialmente importante para itens críticos como de alavancagem (*leverage itens*), de restrição (*bottleneck itens*) e estratégicos (Kraljic, 1983; Nellore and Söderquist, 2000; De Boer et al., 2001). Itens de alavancagem, apesar da existência de vários fornecedores, são de grande impacto na qualidade e custos dos produtos finais. Em oposto, itens de restrição apesar de terem um baixo impacto no lucro, apresentam riscos no fornecimento devido à sua escassez, ou mercado monopolista. Itens estratégicos são críticos, pois não só têm grande impacto na qualidade e custos, como existem também poucos fornecedores que conseguem atender aos requisitos de especificação (Nellore and Söderquist, 2000; De Boer et al., 2001).

O desenvolvimento de fornecedores é importante pois estabelece relações colaborativas a longo termo para minimizar os riscos de fornecimento e possibilitar estratégias na Gestão da Cadeia de Abastecimento (GCA) que possam serem utilizadas, a título de exemplo, o envolvimento antecipado do fornecedor (He et al., 2014), gestão de inventário dos fornecedores e planeamento colaborativo, previsão e reabastecimento (Yao et al., 2013).

Existe uma variedade de critérios quantitativos e qualitativos utilizados para avaliar o desempenho do fornecedor, encontrados na literatura, tais como preço, qualidade, entrega, finanças e capacidades tecnológicas. A tabela 2.1 apresenta uma revisão dos critérios encontrados na literatura, por diversos autores sintetizados por Osiro, et al. (2014).

**Tabela 2.1 - Revisão de alguns dos critérios de avaliação de fornecedores**

<b>Categorias de desempenho</b>	<b>Crítérios</b>
<b>Desempenho Financeiro</b>	Capacidade Financeira
	Preço
<b>Desempenho Logístico</b>	Entrega
	Flexibilidade
	Localização geográfica
<b>Gestão da qualidade e melhoria</b>	Compromisso para com a melhoria e redução de custos
	Resolução de problemas
	Qualidade do produto
	Garantia e suporte após-venda
<b>Sustentabilidade</b>	Reputação de integridade
	Segurança e saúde no trabalho
<b>Capacidade tecnológica</b>	Capacidade de <i>design</i> e desenvolvimento
	Capacidade de processo/produção
	Capacidade tecnológica
<b>Confiança e compartilha de informação</b>	Confiança
	Vontade na partilha de informação
	Suporte à Gestão de Topo
	Relacionamentos a longo prazo
	Facilidade em comunicação

Adaptado de: Osiro, et al. (2014)

Vários estudos na respetiva literatura agrupavam estes critérios em uma ou duas dimensões de avaliação e classificação de fornecedores. Osiro et al. (2014) cita vários modelos uni e multidimensionais, como por exemplo, segundo Olsen e Ellram (1997) propuseram um modelo segmentado de avaliação de fornecedores considerando duas dimensões: atratividade do fornecedor e força da sua relação. A atratividade do fornecedor é dependente de fatores tecnológicos, organizacionais, financeiros e económicos, desempenho produtivo, cultura e estratégia. Enquanto, a força da sua relação, sugerem fatores económicos, características da relação, cooperação e proximidade. Com base nestas dimensões, o fornecedor é categorizado em uma de nove categorias dependendo do seu nível (baixo, médio ou alto).

As técnicas de tomada de decisão também utilizadas na avaliação de fornecedores, referidas a posteriori, variam também vastamente e não possuem estudos claros, na opinião do autor, se são propostas para a seleção ou desenvolvimento dos fornecedores (Chen et al., 2006; Çelebi and Bayraktar, 2008; Lin, 2009; Chen, 2011; Pitchipoo et al., 2013; Osiro, et al., 2014).

## **2.2 Gestão de Risco de Fornecedores**

As cadeias de abastecimento no mundo moderno, como já foi referido anteriormente, são complicadas redes que se estendem a distâncias cada vez mais longas, que as tornam mais vulneráveis ao risco e que requerem ao longo da mesma, grande coordenação de fluxos de mercadoria, serviços, informação e dinheiro (Mentzer et al., 2001). Uma definição da GCA mais direcionada para o risco é feita por Jüttner et al. (2003), que a define como a identificação e gestão dos riscos envolvido durante ações coordenadas ao longo dos intervenientes de modo a reduzir a vulnerabilidade como um todo. Por sua vez, a gestão de risco na CA procura identificar as potenciais fontes de riscos e implementar ações apropriadas para evitar ou conter a vulnerabilidade existente. O autor define vulnerabilidade como a exposição a sérios distúrbios, devidos ao risco interno e externo existentes à CA (Vilko & Hallikas, 2012).

### **2.2.1 Definição do Risco**

Segundo Aven (2011), o conceito de risco é de difícil definição devido à sua subjetividade e abrangência, pelo que existem inúmeras definições, umas mais elementares, outras mais complexas, que ao longo dos anos e com o desenvolvimento do conhecimento geral, contemplam vários pontos de vistas de vários autores. Muitas definições estudadas, e relevantes para esta dissertação, são datadas de à 30-40 anos atrás, do século XX, ou ainda mais antigas. Isto, devido às alterações do modo de definir o risco ao longo do tempo, devido à evolução do conhecimento. As definições mais recentes estão mais ligadas ao desenvolvimento do campo científico da análise de risco.

Segundo Aven (2011) propõe um sistema para classificação, a nível científico, das definições de risco como:

1. Valor expectável de perda;
2. A probabilidade de um acontecimento indesejável;
3. Um objeto incerto;
4. Uma incerteza;
5. Uma possibilidade/ potencialidade de perda;
6. Probabilidade e cenários/ consequências/ severidade das consequências;

7. Evento ou consequência;
8. Consequência/ dano/ severidade da incerteza;
9. Efeito da incerteza nos objetivos.

As definições que são baseadas em probabilidades e valores expectáveis perspetivam que a probabilidade é a medida representativa ou que expressa a incerteza, sendo interpretada de duas maneiras (Aven, 2011):

- 1) Como uma frequência relativa, isto é, a fração relativa de vezes que um evento ocorrerá, se a situação for analisada, hipoteticamente, um número infinito de vezes.
- 2) Como uma medida de incerteza sobre eventos futuros e consequências, baseada em alguma informação base e conhecimento. Probabilidade é uma medida subjetiva da incerteza, condicionada pelo conhecimento base existente.

Matematicamente define-se o risco através da expressão (2.1):

$$Risco = (A, C, P) \quad (2.1)$$

Onde A representa os eventos/cenários, C as consequências de A e P as probabilidades associadas (Aven, 2010).

A literatura sobre a GCA normalmente define o risco como algo negativo e que leva a resultados ou consequência indesejados. A expressão (2.2) representa uma das fórmulas *standard* de classificar o risco.

$$Risco = Probabilidade de perda \times Impacto da perda \quad (2.2)$$

Onde o risco está em função da probabilidade de perda (P) e o impacto das suas consequências (I) (Manuj e Mentzer, 2008). Hetland (2003) e Diekmann et al. (1998), por sua vez, consideram o risco como uma implicação do fenómeno incerto. Waters (2007) explica a diferença: risco ocorre devido à incerteza do futuro, o que significa que eventos expectáveis podem ocorrer. Knight (1921) distingue entre “incerteza mensurável”/risco e “incerteza imensurável”, que é provavelmente a tipologia mais conhecida e mais utilizada de incerteza na gestão de risco (Vilko & Hallikas, 2012). Na sua definição, o autor define risco ou “incerteza mensurável” como uma probabilidade possível de medir e “incerteza imensurável” como uma situação de probabilidade numérica imensurável, isto é, expressa em valores indeterminados e impossíveis de quantificar. Sendo que risco é associado às circunstâncias conhecidas e “incerteza imensurável” associada a circunstâncias em que só é possível realizar uma estimativa de uma estimativa (Andrade, 2011).

O risco também pode ser classificado como (Kull & Talluri, 2008):

- Puro – associado à possibilidade de perda ou prejuízo;
- Negócio – associado à oportunidade de ganho ou de perda;
- Projeto – projetos têm riscos associados consideráveis. Uma parte substancial da gestão de risco em projetos é as estimativas realizadas por exemplo na durabilidade de tarefas;
- Operacional – associado em relação à realização de operações, como por exemplo, de gerir um escritório;
- Técnico – risco que advém na realização de uma tarefa pela primeira vez por exemplo, que pode não ser atingidos os *targets* definidos para a mesma;
- Político – associado a situações de difícil tomada de decisão com inclusão de fatores políticos. Como por exemplo, definição de uma planta de construção de uma fábrica num país em desenvolvimento.

Estas categorias não se excluem mutuamente, isto é, um risco técnico também pode ser considerado um risco puro, como um risco operacional pode contribuir substancialmente para um risco do projeto.

O risco pode ter origem em uma organização tanto a nível interno, como a nível externo num determinado ambiente organizacional. Os internos como ocorrem dentro do ambiente organizacional, estão diretamente sobre o controlo da organização. Estes são compreendidos como o desgaste dos equipamentos, força de trabalhos incompetente e risco associado com políticas da organização. Muitos destes podem ser evitados procurando atuar na fonte do problema. Isto é, os equipamentos antigos podem ser substituídos, os funcionários podem ser formados, entre outros. Os externos são riscos do qual a organização não possui controlo, pois não se encontram na esfera das operações realizadas (por exemplo, regulamentações governamentais, ações da concorrência, tendências demográficas, entre outros). Como estes estão fora do controlo da organização, as ações diretas para os mesmos são limitadas. Contudo, é possível geri-los através de desenvolvimento de estratégias que lidam de um modo eficaz com riscos indesejáveis que surjam (Kull & Talluri, 2008).

Todas as disciplinas e áreas precisam de clarificar como o risco é definido e compreendido, devido a possuírem diferentes necessidades e requererem diferentes métodos para gestão e avaliação. A título de exemplo, a gestão requer um conjunto de procedimentos e modelos relativos ao risco, diferente aos da medicina e engenharia. Contudo, é necessário ter em conta que apesar das disciplinas e as áreas serem diferentes, o contexto de avaliação do risco não deve ser completamente distinto. A definição de risco vai

depender muito dos problemas, em que não é um desafio fácil concetualizar uma atividade no futuro e quais os (as) eventos/consequências/resultados não desejáveis que podem ocorrer (Aven, 2012)

Apesar da consciencialização progressiva da vulnerabilidade da CA e do aumento da gestão de risco, os conceitos ainda são elementares e ainda não existe enquadramento conceptual e resultados empíricos suficientes para dar uma noção clara do fenómeno da gestão de risco em cadeias de abastecimento globais (Jüttner, 2005; Manuj e Mentzer, 2008) (Vilko & Hallikas, 2012).

Hallikas et al. (2004) classifica o risco em duas componentes: (1) probabilidade de ocorrência de um evento de risco; (2) impacto ou consequência de um evento ocorrer, que segundo Ritchie and Brindley (2007) é a definição mais comum de risco. Trkman and McCormack (2009) sugerem que a estratégia de fornecimento em resposta ao risco do fornecedor deve ter em conta não só as suas características e desempenho, bem como o ambiente em que operam.

### **2.2.2 Gestão de Risco**

Segundo Kull & Talluri (2008), citando diversos autores, desde meados do século XX, as organizações têm vindo a alargar a sua abordagem à gestão do risco, inicialmente com foco na gestão de seguros, expandindo para questões financeiras, de segurança e relações externas e por fim, expandindo para toda a organização e a sua cadeia de fornecimento.

A gestão de riscos é agora compreendida como:

- 1) Qualquer conjunto de ações tomadas por uma organização com o objetivo de alterar o risco decorrente dos seus negócios;
- 2) Um processo formal para alcançar o grau ótimo de eliminação ou controlo de risco (Merna & Al-Thani, 2005).

O processo de gestão de riscos pode ser interpretado em cinco etapas gerais: planeamento, identificação, análise de impacto, quer a nível quantitativo como a nível qualitativo, desenvolvimento de estratégias e o controlo do risco. Um elemento crucial na gestão de riscos é a identificação e avaliação dos inúmeros riscos. Este processo envolve a compreensão das condições que dão origem a potenciais problemas, e em seguida avaliação de probabilidades de ocorrência e respetivos impactos negativos. O resultado deste processo é a informação sobre riscos conjecturados que dão origem a decisões estratégicas. Como, as decisões

estratégicas normalmente são de longo prazo, a avaliação de exposição de risco também ganha uma perspectiva apropriada de longo prazo.

A gestão de risco é um processo de tratamento de forma consciente e proactiva, que identifica o risco e desenvolve estratégias para lidar com o mesmo, levando assim a organização a tomar decisões para responder a um fluxo constante de pequenas e grandes crises (Kull & Talluri, 2008).

As organizações compreendem o risco como o efeito da incerteza sobre os projetos e objetivos que determinam e podem estar interessadas ou não, em aceitar esse grau de risco, dependendo da situação em concreto. Riscos positivos e negativos são referidos comumente como oportunidades e ameaças e necessitam de ser ponderados dentro dos limites de tolerância ao risco, definidos pela própria organização, como o nível de recompensa em correr os riscos. Por exemplo, adotar uma técnica de otimização de recursos agressivo é um risco (positivo) assumido na expectativa de uma recompensa por usar menos recursos e diminuir os custos.

O ser humano adota atitudes para com o risco através de percepções e tolerâncias que influenciam o modo como respondem. Uma abordagem consistente para com o risco deve ser desenvolvida para cada projeto, e a comunicação e manipulação sobre o mesmo deve ser aberta e honesta. A resposta dada reflete o equilíbrio existente na organização entre o assumir e o prevenir do risco. Para esta ser bem-sucedida, a organização deve estar focada, a todos os níveis, em assumir e prevenir riscos, gerindo-os ativamente e de um modo eficaz, durante toda a vida do projeto (Project Management Institute, 2013).

O processo de gestão de risco na CA possui as mesmas fases que o típico processo de gestão de risco em uma organização. Segundo Hallikas, et al. (2004), este possui quatro fases que consiste na identificação, avaliação, decisão e implementação das ações da gestão de risco e monitorização. Contudo, o enquadramento segundo o *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK) segue cinco etapas, pelo que será seguido na presente dissertação:

Etapa 1. – Planeamento do risco: Preparação para o gerir de um modo consciente, premeditado e cuidadoso.

Etapa 2. – Identificação do risco: Verificação rotineira do ambiente interno e externo da organização, que permita identificar riscos que possam afetar o conforto e as operações.

Etapa 3. – Examinar os impactos do risco, tanto qualitativa como quantitativamente: Após desenvolvimento da consciência acerca da problemática, feita na etapa anterior, e determinar de um modo sistemático as consequências associadas a sua ocorrência.

Etapa 4. – Desenvolvimento de estratégia para comportamento perante o risco: Depois da identificação dos riscos possíveis de ocorrerem (etapa 2) e das consequências associadas aos mesmos (etapa 3), desenvolvem-se estratégias de contenção e/ou anulação dos mesmo.

Etapa 5. – Monitorizar e controlar os riscos: Com os projetos e as operações a decorrerem surge a necessidade de monitorizar o risco na organização, de forma a poder tomar medidas corretivas com a maior brevidade possível, no caso de algum risco surgir inesperadamente, reduzindo assim o risco de impacto (Project Management Institute, 2013)

Mesmo quando existe uma política séria de gestão de risco, não é possível prever os eventos adversos com precisão, tornando-se assim difícil realizar a ponte entre a previsão, através da avaliação de risco, e a realidade (Frame, 2003).

### **2.2.3 Risco e Gestão de Risco aplicados à Seleção/Gestão de Fornecedores**

Com os recentes acontecimentos catastróficos que levaram a interrupções nas CAs de organizações mundialmente conhecidas e que levaram a um desempenho negativo, como o já referido caso da Toyota e Nissan que continuam a recolher automóveis do campo, desde o ano 2008, com problemas no *airbag* fabricado pela empresa *Takata* ([http://www.dn.pt/inicio/globo/interior.aspx?content\\_id=4564894&page=-1](http://www.dn.pt/inicio/globo/interior.aspx?content_id=4564894&page=-1)).

Ho, et al. (2015) analisaram a especificidade dos fatores de risco e classificaram os riscos em duas categorias: macro riscos e micro riscos. Macro riscos referem-se a eventos externos adversos e raros, ou situações que possam ter um impacto negativo sobre as organizações. Estes consistem em riscos naturais, tais como, terremotos ou desastres climáticos, e riscos causados pelo homem, como guerras, terrorismos e instabilidade política. Micro riscos, por sua vez, referem-se a eventos recorrentes, originados pelas atividades internas da organização e/ou relações entre parceiros em toda a CA. Geralmente o impacto negativo dos macro riscos são maiores sobre as empresas que o impacto dos micro riscos. Citando vários autores, Ho et al. (2015) considera uma subdivisão dos micro riscos em quatro subcategorias: procura, produção, fornecimento e infraestrutura e são definidos da seguinte forma:

- Risco de Produção - refere-se a eventos, ou situações, adversas dentro das organizações que afetam a sua capacidade de produção de produtos ou serviços, qualidade, rentabilidade e oportunidade de produzir;
- Risco de Procura e de Fornecimento - referem-se a eventos adversos relacionados com os parceiros, a montante e a jusante da organização.



- Riscos de Infraestruturas – referem-se a interrupções nos sistemas de tecnologia de informação, transporte e financeiro, que têm por objetivo assegurar o funcionamento saudável da CA.

A maioria dos riscos relativos a fornecedores está incorporada em fatores de riscos de fornecimento, e à problemática da seleção e da sua avaliação. Entre a variedade de fatores de risco, é possível considerar: baixa qualidade, atrasos na entrega, capacidade de resposta, localização geográfica, *stress* financeiro por parte do fornecedor, entre outros. E, como será referenciado posteriormente, uma vasta gama de métodos quantitativos têm sido propostos para resolver este problema, tais como programação matemática, *Data Envelopment Analysis* (DEA), *Analytic Hierarchy Process* (AHP), entre outros (Ho, et al., 2015).

A seleção de fornecedores atualmente desempenha um papel pró-ativo no processo de mitigação do risco em prever as consequências e resultados associados que beneficiariam as organizações na tomada de decisão sob a incerteza. Procura fazer a ligação entre os requisitos do cliente, sustentabilidade e as decisões de compra utilizando abordagens quantitativas, tais como as decisões multicritério (Chen & Baddam, 2015).

A tendência para a globalização, o rápido desenvolvimento de tecnologias e o encurtamento de prazos de entrega são outros exemplos de desafios que levam as organizações a apostar em redes estratégicas, visando reduzir os riscos financeiros e tecnológicos, para melhorarem a sua vantagem competitiva, aprofundando e apostando mais no seu *know-how*. Factos que tornam as atividades de comunicação e cooperação, a existência de sistemas mais eficientes de informação, abertura, confiança e sistemas de produção, requisitos bastante importantes.

O aumento de cooperação causa transferência de risco entre organizações, podendo diminuir o risco em algumas situações, mas aumentar em outras. Não existe uma avaliação genérica e completa a ser dada sobre os riscos existentes pois estes são dependentes de cada CA, organização, ramo ou mesmo do seu estado económico ou ciclo da mesma, o que leva à necessidade de análise individual de cada organização.

O risco das organizações está sempre associado aos seus objetivos, o que geralmente é associado à obtenção de lucro. O risco inicia-se a partir da incerteza, e as principais incertezas para as organizações têm origem em duas fontes: a procura do cliente e a entrega ao cliente. A procura do cliente final não garante o negócio ao fornecedor e as incertezas da entrega estão ligadas à habilidade de gerir os custos, tempo e qualidade bem como as responsabilidades da informação confidencial. Outra incerteza adicional é os futuros requisitos; como a atual orientação, conhecimento e recursos devem ser mantidos e modificados para o sucesso no futuro.

No estudo de dois exemplos de redes estratégicas, os autores propõem uma análise de risco agrupada em quatro tipos da proveniência do risco:

1. Procura muito baixa ou inadequada – Os problemas de procura pode ser causada pela diminuição da procura de produtos finais devido a tendências económicas ou mudança de geração de produtos. Também é possível que a procura a nível global não diminua mas o fabricante do equipamento original perca a sua posição no mercado. Além disso, o sucesso do fabricante do equipamento original não garante o sucesso dos seus fornecedores, pois estes podem ser substituídos por concorrentes diretos, no caso que estes ofereçam melhores condições.
2. Problemas no cumprimento das entregas aos clientes – Na hierarquia da rede de entrega, cada ação de cada organização é responsável pela sua entrega ao cliente do seguinte nível hierárquico. Assim, cada organização deve controlar não apenas o seu trabalho, mas também o trabalho das organizações subcontratadas. Como o preço normalmente é fixo antes da entrega, os principais itens a serem geridos é a qualidade e o tempo.
3. Gestão de custos e preços – Tendo procura e cumprindo os prazos de entrega, não é suficiente para que uma organização seja rentável. Esta também necessita de gerir os seus custos, fixos e variáveis.
4. Recursos, desenvolvimento e flexibilidade débeis – Os produtos e os mercados estão em constante modificação e novos concorrentes estão sempre a aparecer. Se a organização pretender se preservar na rede necessita de seguir as tendências, desenvolvimento e criação de novos conhecimentos quando necessário. Muitos fabricantes de equipamentos originais consideram a capacidade de desenvolvimento como um critério importante de priorizar fornecedores (Hallikas, et al., 2004).

Apesar do PMBOK ser um livro direcionado para a gestão de risco de um projeto, este pode ser também utilizado para uma conduta da organização com as devidas adaptações.

- **Planeamento da gestão do risco**

O planeamento da gestão de risco é um processo que define como deve ser a conduta da organização para as atividades de gestão de risco, assegurando que o grau, tipo e visibilidade são condizentes com os riscos e a importância do projeto para a organização. Este planeamento é vital para comunicar, obter acordos e suporte das partes interessadas, para assegurar que o processo é suportado e realizado de um modo eficiente durante todo o projeto (Project Management Institute, 2013).

- **Identificação do risco**

A identificação do risco é uma fase fundamental para as práticas de gestão de risco. Identificando os riscos, o decisor ou o grupo de decisores tornam-se conscientes sobre os eventos ou fenómenos que causam incerteza. O foco principal é identificar os riscos para que no futuro seja possível reconhecer as incertezas e gerir estes cenários de um modo proactivo.

Num ambiente de CA, a identificação deve contemplar as dependências sobre outras organizações, tais como, interrupções de fornecimento, falhas de qualidade e flutuações nas entregas são sinais comuns de risco em sistemas produtivos. Contudo, nem todos os riscos são facilmente identificáveis.

Em concreto na gestão de risco de fornecedores foram desenvolvidos modelos qualitativos e métodos de identificação práticas a serem utilizados pelas organizações. Os riscos foram classificados em quatro grandes grupos, como já foi mencionado: problemas na procura, cumprimento das entregas aos clientes, de gestão de custos e preços e recursos, desenvolvimento e flexibilidade débeis.

Para integrar a avaliação dos riscos na identificação, modelos sobre o risco foram desenvolvidos para uma *checklist* de fatores ou eventos de risco para organizações que trabalham inseridas numa cadeia. O objetivo é que esta suscite questões, reconheça crenças e questione verdades e tendências sobre *networking*. As características mais importantes na identificação do risco são a compilação, transmissão e filtragem de informação. Cada empresa é responsável pelos seus próprios riscos, e tem de identifica-los do seu próprio ponto de vista. Contudo, isso não exclui os benefícios de partilha de informação, opiniões e visões de parceiros. Num ambiente de *networking*, onde as relações negociais são baseadas em parcerias entre organizações, a partilha eficaz de informação é um fator chave para o decrescimento de incertezas a nível interno e externo.

- **Avaliação do risco**

Avaliação do risco e priorização são necessários para ser possível seleccionar ações de gestão adequadas para identificar os fatores de risco de acordo com ambas as organizações ao mesmo nível na rede. O risco possui duas componentes importantes, que são avaliadas em separado. As tabelas 2.2 e 2.3 mostram as escalas de consequências e probabilidade de um evento de risco.

**Tabela 2.2 - Escala de avaliação de impacto**

Classificação	Estimativa subjetiva	Descrição
1	Sem impacto	Insignificante para toda a organização
2	Pequeno impacto	Perdas pequenas e individuais
3	Médio impacto	Causa dificuldades a curto termo
4	Grande impacto	Causa dificuldades a longo termo
5	Impacto catastrófico	Negócio descontinuado

Adaptado de: Hallikas, et al. (2004)

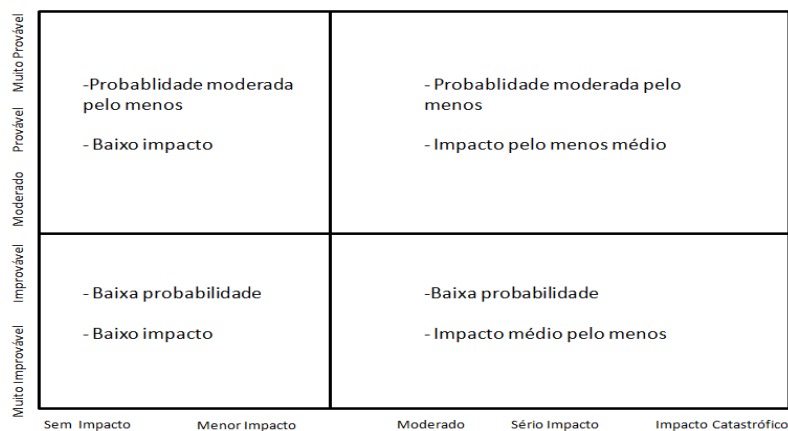
**Tabela 2.3 - Escala de avaliação de probabilidade de ocorrência**

Classificação	Estimativa subjetiva	Descrição
1	Muito improvável	Evento bastante raro
2	Improvável	Existe evidências indiretas de dado evento
3	Moderado	Existe evidências diretas de dado evento
4	Provável	Existe fortes evidências diretas de dado evento
5	Muito provável	Evento repete-se com frequência

Adaptado de: Hallikas, et al. (2004)

A maioria das vezes os fatores de perda de uma organização refletem perdas a nível financeiro. No entanto, outros fatores imateriais como confiança, reputação e degradação do conhecimento, que são dificilmente convertíveis em valor monetário, podem contribuir para perdas financeiras a longo termo.

Quando os riscos identificados são avaliados, pode ser útil a criação de um diagrama de risco que dá uma visão global de todos os riscos, com maior ênfase nos que necessitam de mais atenção, como é possível visualizar na figura 2.2. Este diagrama também indica onde o risco pode ser reduzido pela redução da sua probabilidade ou das suas consequências.



**Figura 2.2 – Diagrama do risco**

Adaptado de: Hallikas, et al. (2004)

Estes diagramas de risco, ao nível da CA podem ser utilizado como um método de troca de informação dentro e entre organizações, dependendo das suas relações e as quão abertas são a expor os seus riscos aos seus parceiros.

- **Ações de gestão do risco**

Normalmente as estratégias de gestão de risco incluem transferência, eliminação, redução, tomada de risco e uma análise aprofundada de riscos individuais.

Na CA, o risco pode ser gerido normalmente pelo desenvolvimento de uma estratégia comum entre as organizações constituintes, políticas contratuais e melhores práticas no agir. A identificação e avaliação do risco ajudam a decidir onde focar as ações de desenvolvimento, contudo alguns riscos podem ser reduzidos com um desenvolvimento colaborativo, outros a nível interno na organização.

As relações negociais frequentemente incluem transferência de risco de uma organização para outra, o que pode significar redução do custo total na organização se a companhia que aceitou essa transferência conseguir lidar com esse risco de uma melhor forma.

- **Monitorização do risco**

A organização e a sua envolvente não são estáticas, o que implica alterações no estado do risco. Os fatores de risco reconhecidos podem ser monitorizados para identificar o aumento de potenciais tendências na sua probabilidade ou consequências. Nesta mesma fase é possível identificar novos fatores de risco, não contabilizados anteriormente. Para os identificar, é necessário monitorizar as alterações na cadeia, necessidades do cliente, tecnologia, parcerias estratégicas, competidores e atualizar a avaliação do risco correspondente (Hallikas, et al., 2004).

### **2.2.3.1 Metodologias de Análise de Decisão Multicritério**

A análise multicritério estabelece preferências entre as opções consideradas, dado um conjunto explícito de objetivos que a organização identificou, e para a qual estabeleceu critérios mensuráveis para avaliar se os objetivos foram atingidos. Na resolução de problemáticas simples, o processo de identificação de objetivos e critérios pode só por si, fornecer informação suficiente para os decisores. No entanto, quando há necessidade de um maior detalhe, esta análise permite agregação de dados sobre critérios individuais que representam o papel de indicadores de desempenho das opções consideradas.

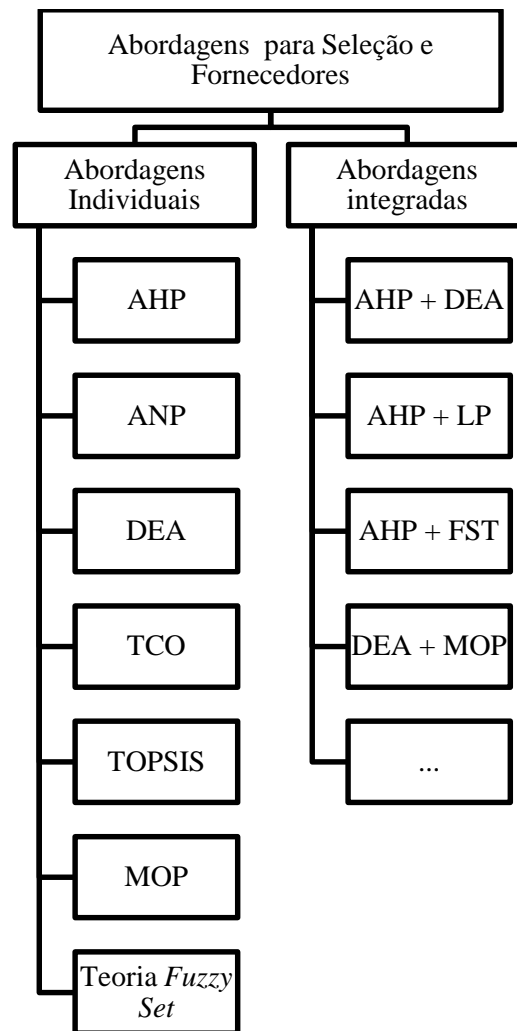
O processo de tomada de decisão sobre ações futuras, por norma segue a seguinte estrutura:

1. Identificação dos objetivos;
2. Identificação das opções existentes para atingir os objetivos identificados;
3. Identificação dos critérios a serem usados para comparar as opções identificadas;
4. Análise das opções;
5. Tomada de decisão;
6. Feedback (Communities and Local Government, 2009)

É importante na seleção de fornecedores, incorporar os critérios objetivos e subjetivos, no processo de avaliação (Kull & Talluri, 2008). Apesar da subjetividade envolvida, uma característica fundamental das metodologias de análise de decisão multicritério (MADM) é a possibilidade de estabelecer objetivos e critérios, relacionados com estimativas de pesos de importância relativa, com a possibilidade de avaliar a contribuição de cada opção e de cada critério de desempenho (Communities and Local Government, 2009).

A literatura existente demonstra uma grande variedade em metodologias e abordagens direcionadas à problemática da seleção de fornecedores. A grande quantidade de critérios possíveis na seleção de fornecedores, classifica esta problemática como um problema de multicritério, pelo que a definição dos critérios, seus pesos e fatores avaliativos são uma das grandes dificuldades para este tipo de problemas (Ávila, et al., 2012).

A figura 2.3 sumariza uma revisão da maioria das abordagens de tomada de decisão, mais adequadas para a avaliação de fornecedores e para o processo de desenvolvimento de fornecedores, de acordo com os autores Chen (2011) e Singh (2014).



**Figura 2.3 – Exemplos de Modelos analíticos existentes para a seleção de fornecedores**

Adaptado de: Chen (2011) e Singh (2014)

Na figura 2.3 é possível visualizar que as abordagens estão subdivididas em dois grandes grupos: abordagens individuais e abordagens integradas. Nenhum dos autores faz a distinção a este nível, mas torna-se perceptível que abordagens individuais consistem na utilização clássica individual dos modelos matemático, enquanto abordagens integradas consistem numa mescla entre métodos.

Baseado em 78 artigos, Ho et al. (2009) afirma que as abordagens individuais são mais populares nos estudos realizados e que o método DEA é o mais utilizado e reconhecido devido à sua robustez. Começou a ser utilizado para a problemática de seleção de fornecedores devido a envolver critérios quantitativos e qualitativos.

Atualmente o método DEA é utilizado em estudos a nível global, tais como:

- Wu, et al. (2015) utilizou o DEA para avaliar o desempenho dos sistemas de transporte chineses em relação aos consumos de energia e ao ambiente. Apresentam uma divisão dos sistemas de acordo com o que transportavam, passageiros ou mercadorias em 30 locais do país e avaliaram as suas eficiências. Concluiu-se que a eficiência no sistema de transportes da China é baixo e que existem grande diferença entre eficiência do transporte de passageiros e eficiência do transporte de mercadorias.
- Agasisti & Ricca (2015) analisaram a eficiência de universidades italianas públicas e privadas, entre 2007 e 2011, utilizando o método DEA. Concluíram que as universidades privadas são relativamente mais eficientes que as públicas, e geograficamente, as universidades do norte são também mais eficientes que as do centro e sul da Itália.
- Trindade (2014) avaliou a eficiência das áreas operacionais, a nível de Portugal, relacionadas com a gestão de projetos na organização EDP Distribuição através do DEA, em concreto nos projetos de telecomando da rede de distribuição. Obteve quais as áreas eficientes de acordo com os *inputs* e *outputs* definidos e uma média de 86% de eficiência.
- Sravani (2014) procurou avaliar o banco mais eficiente dos 20 bancos públicos indianos que constituíam a amostra, durante o período 2009-2013, através dos métodos DEA CCR e BCC. Concluiu que a média de eficiência no modelo CCR é de 91,64% e no modelo BCC é de 95,45%, e que o número de DMUs eficientes no primeiro modelo é menor que no segundo.
- Santos (2013) utilizou o modelo DEA para avaliar a eficiência das empresas de base tecnológica incubadas, procurando melhorar a sua gestão. Verificou um aumento de eficiência das 13 empresas consideradas, entre 2009 e 2011
- Morais & Camanho (2011) exploraram as possibilidades apresentadas pelo DEA, para aferir a qualidade de vida e avaliar o desempenho dos gestores municipais, no que diz respeito a promoção da qualidade de vida urbana. Os resultados identificam as cidades com melhores práticas urbanas e apresentam um modelo de intervenção para as cidades consideradas ineficientes.
- Dourado, (2009) desenvolve um trabalho mais matemático, que procura demonstrar se o DEA é uma ferramenta capaz de realizar os calculos de eficiencia em redes colaborativas. O caso selecionado foi a *Virtuelle Fabrik* e utilizaram-se os dois modelos clássicos, BCC e CCR.

Das várias vantagens deste método, a sua capacidade de análise em qualquer âmbito é primordial. Desde qualidade de vida nas cidades, eficiência de entidades bancárias e universitária, a eficiência de gestão de projetos, percecionasse que é uma ferramenta muito versátil. Segundo Trindade (2014), o método DEA mede eficiências, na existência de vários *inputs* e *outputs*, onde as entidades fazem a sua conversão. É um



sistema de avaliação relativo que não necessita de definição teórica da função fronteira de produtividade nem de ponderações.

Com todos estes aspetos positivos, e de acordo com as informações obtidas na organização do presente estudo, a aplicabilidade do método DEA parece adequada e útil para a obtenção de dados coerentes. A figura 2.3 mostra várias abordagens que podem ser consideradas para a avaliação de fornecedores. Para um melhor enquadramento da gestão de fornecedores e da filosofia e metodologia do DEA, apresenta-se de seguida a definição dos modelos mais referenciados a nível literário e as suas vantagens e desvantagens.

### ***Total Cost of Ownership (TCO)***

Este conceito foi desenvolvido pela *Gatner Group*, uma empresa de consultoria e pesquisa de mercado de tecnologia na área de tecnologia de Tecnologias de Informação. Devido ao aumento progressivo de custos, as empresas sentiram a necessidade de determinar não só o custo de aquisição, mas também de saber todos os demais custos incorridos. O TCO é definido como o modelo de ciclo de vida de um equipamento, produto ou serviço, que considera os custos de aquisição, propriedade, operação e manutenção ao longo da sua vida útil. De acordo com Ellram e Siferd (1998), definem o TCO como uma ferramenta de compra e uma filosofia para a compreensão dos custos relevantes da compra de um bem ou serviço de um determinado fabricante. Esta metodologia pode incluir custos como orçamentação e qualificação dos fornecedores, transporte, receção, inspeção, rejeição, armazenamento e rejeição.

A viabilidade económica de projetos futuros, a identificação de custos e a identificação e combinação de alternativas para redução de custos, são algumas das informações que podem ser extraídas da análise desta metodologia.

Segundo Sakurai (1997) os custos são classificados em três grupos:

- Custos iniciais – Custos de pesquisa e desenvolvimento, de planeamento, de compra, entre outros;
- Custos normais – custos de fabrico, de venda, de utilização, entre outros;
- Custos finais – Custos de reparação, rejeição do produto, entre outros.

Esta metodologia apresenta limitações tais como, disponibilidade e complexidade de informação, possibilidade de utilização inadequada do modelo, barreiras culturais (participação da gestão de topo dispostas a participar no desenvolvimento da metodologia) e custos de implementação.

Contudo, as vantagens são consideráveis pois permite um apoio as decisões de *outsourcing*, seleção e análise de desempenho de fornecedores, desenvolvimento de *know-how* na área das compras para a resolução de problemas a nível de aquisição, direção estratégica e redução de custos na cadeia de gestão de abastecimento (Santos, 2011).

### ***Analytic Hierarchy Process (AHP) e Analytical Network Process (ANP)***

O método AHP foi proposto e desenvolvido por Thomas L. Saaty (2008) e explora os dados qualitativos de um dado problema, transformando-o em dados quantificáveis que possam ser analisados e interpretados. Este modelo utiliza uma escala de 1 (um) a 9 (nove) que compara dois fatores que, aplicado à seleção de fornecedores, são critérios de seleção. A lógica da metodologia, explicada por Saaty (2005), decorre do simples raciocínio, que se o primeiro critério é de maior importância este tem um peso de 9 (nove), pelo que o segundo critério quando comparado ao primeiro tem uma pontuação de 1/9. Assim, é determinada um peso relativo de cada critério. A árvore hierárquica AHP é construída após a definição dos pesos para cada critério (Ávila, et al., 2012).

Esta metodologia é baseada em três princípios: estrutura do modelo, avaliação comparativa de critérios e/ou alternativas, síntese das prioridades. O problema de decisão é estruturado como uma hierarquia primeiramente (Dagdeviren et al., 2009), procurando dividir o problema multicritério e simplificá-lo, transformando-o numa hierarquia de elementos inter-relacionados. O segundo passo é a comparação dos critérios e/ou alternativas, pois uma vez que o problema é decomposto e uma hierarquia é traçada, é necessário proceder à priorização de modo a determinar a importância relativa dos critérios. Em cada nível, os critérios são comparados aos pares de acordo com os seus níveis de influência e com base nos critérios especificados no nível superior. Essas comparações, de acordo com Albayrak & Erensal (2004), são feitas com uma escala de comparação padronizada dos nove níveis. Essa comparação resulta em uma matriz, que por sua vez leva ao terceiro passo, que é a normalização da mesma de modo a serem encontrados os pesos relativos.

AHP e ANP são essencialmente metodologias para medir fatores intangíveis, especialmente utilizando comparações de pares de modo a priorizar um elemento sobre o outro (Chung, et al., 2005), Saaty & Ozdemir (2005, afirmam que o ANP é uma particularização do AHP, pois muitos dos problemas não podem ser estruturados hierarquicamente, pois envolvem interdependências de elementos de níveis superiores com elementos inferiores. Yüksel & Dagdeviren (2007) distinguem que enquanto a metodologia AHP é unidirecional, a metodologia ANP permite inter-relações mais complexas entre os níveis de decisão e seus atributos e compreende quatro (Görener, 2012).

A vantagem de uma estrutura hierárquica é que permite uma decomposição sistemática do problema global em componentes fundamentais e interdependências com grande flexibilidade, tornando-se uma das razões por ser bastante utilizado em problemas de seleção de fornecedores, que envolvem vários fatores (Nydick e Hill, 1992). Outras vantagens deste método são: permitir lidar com atributos tangíveis e intangíveis, monitorizar a consistência em que um decisor faz um julgamento e a capacidade de atribuir um resultado a cada fornecedor.

Relativamente às desvantagens deste método: não é de fácil aplicabilidade, é necessário um consenso para agregar julgamentos individuais para as matrizes de comparação por pares, a confiança do resultado depende da qualidade dos dados e do conhecimento e julgamentos dos decisores, e não é possível a existência de uma única hierarquia para a maioria dos problemas de seleção de fornecedores (Singh, 2014).

### ***Fuzzy Sets Theory (FST)***

Para sistemas modelos que são impreciso por natureza ou que não é possível defini-los com precisão, a programação *fuzzy* é geralmente aplicada. Num problema de programação matemática, a imprecisão pode surgir em várias formas diferentes: valores objetivo pretendidos, valores limitantes de recursos, os coeficientes dos objetivos, e os coeficientes das variáveis (Tapkan, et al., 2013) e, segundo Zadeh (1973) a problemática de misturar variáveis quantitativas e qualitativas torna os sistemas tão complexos e sofisticados que não pode ser utilizado os termos da matemática convencional. Estes valores podem ser apresentados como números *fuzzy* (Tapkan, et al., 2013).

Assim a lógica *fuzzy* torna-se uma opção bastante aceite na implementação de sistemas especialistas, utilizados no processo de decisão nas organizações. Enquanto a lógica clássica, segundo Zimmermann (2001), define um elemento pertencente ou não pertencente, na lógica *fuzzy* o limite de um elemento de pertencer a um conjunto não é bem delimitado. Existe uma região de neblina difusa (do inglês *fuzzy*) no limite de pertencer ou não a um determinado conjunto (Osiro, 2013).

Na literatura, os parâmetros *fuzzy* são geralmente definidos como números *fuzzy* triangulares ou trapezoidais. A título de exemplo, para números *fuzzy* triangulares,  $\tilde{A}$  é definido pela seguinte expressão  $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3)$ ,  $a_1 \leq a_2 \leq a_3$  (Tapkan, et al., 2013).

Em relação aos sistemas convencionais, os sistemas *fuzzy* são bastante eficazes em ambientes de alta complexidade, adversidade e incerteza, permite uma agilidade e dinamismo nas tomadas de decisão por parte da organização, incorporam mais variáveis observáveis do problema e possibilita o controlo e o

encontro de soluções para situações complexas que os métodos convencionais não consigam dar resposta (Filho, 2014). A lógica *fuzzy* é vantajosa pois requer poucas regras, valores e decisões, os valores manuseados são todos entre 0 (zero) e 1 (um) e a utilização de variáveis linguísticas aproxima a metodologia ao pensamento humano.

No entanto, a necessidade de mais simulações, pequenos ajustes e testes, são algumas das desvantagens desta metodologia. A difícil aprendizagem do mesmo e de estabelecimento de regras concretas e a indefinição da matemática utilizada, também são outros pontos negativos da lógica *fuzzy* (Silva, 2013).

### ***Technique to Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)***

TOPSIS é uma metodologia desenvolvida por Hwang e Yoon em 1981 e trabalha com problemas de tomada de decisão de multicritério. Permite concluir uma solução ideal ou não-ideal, onde a solução maximiza os critérios benéficos e minimiza os critérios de custo ou vice-versa. Este método funciona através da avaliação de cada fornecedor por  $n$  critérios considerados, com o princípio que a opção escolhida tem a distância mais curta para a solução ideal e a distância mais longa para a solução não-ideal (Singh, 2014).

Este método é vantajoso pois torna a coleta de dados mais simples, requer menor quantidade de julgamentos pelos decisores, menor complexidade computacional e é adequado para modelar valores de critérios quantitativos conhecidos e precisos. No entanto, a dificuldade de definição de pesos, a modelação de variáveis qualitativas e a ocorrência de inversões na classificação, são limitações importantes (Lima Junior & Carpinetti, 2015).

### ***Multi-Objective Programming (MOP)***

MOP provém do procedimento de otimização multiobjectivo, permitindo a decisão de objetivos contra a forma institucionalizada, ganhando popularidade ao longo do tempo no planeamento urbano (Massam & Askew, 1982; Despontin, 1982; Wei, et al, 2002). Contudo, a obtenção de soluções é complicada quando perante um sistema complexo com muitas variáveis e a identificação das variáveis estratégicas são geralmente baseadas na experiência e compreensão de especialistas, o que o torna desvantajoso. Outra desvantagem desta metodologia é a sua previsão, que apenas compreende o ano considerado, falhando na simulação e demonstração da tendência evolutiva do sistema objeto (Yuan, et al., 2008).

## **2.3 Data Envelopment Analysis: Ferramenta de Avaliação de Eficiências**

### **2.3.1 Enquadramento**

A gestão de eficiências é uma das tarefas importantes em gestão, para uma melhor compreensão das conquistas passadas e um planeamento para futuros desenvolvimentos. Desde o trabalho pioneiro de Charnes, Cooper and Rhodes (CCR) em 1978, o método DEA tem sido altamente reconhecido como uma técnica para medir a eficiência relativa num conjunto de Unidades de Tomada de Decisão (DMU do inglês *Decision Making Unit*) que utiliza múltiplos *inputs* para produzir múltiplos *outputs*, com vários desenvolvimentos teóricos e aplicações práticas reportadas por vários autores, como por exemplo Liu, et al. (2013); Zhou, et al. (2008); Kao (2014). No ponto de vista de Peña (2008), é uma ferramenta que permite analisar o desempenho relativo das DMUs, que utiliza os mesmos tipos de *inputs* para produzir os mesmos produtos e/ou serviços. As variáveis deste modelo podem ser contínuas, ordinais ou categóricas e podem ser de unidades diferentes (a título de exemplo, número de alunos, metros quadrados, tempo médio de formação, entre outros).

Segundo Seiford (1996), o modelo proposto por CCR combina e transforma múltiplos *inputs* e *outputs* num único índice de eficiência. Esta abordagem primeiramente estabelece uma fronteira de eficiência formada por um conjunto de DMUs que exhibe as melhores práticas e posteriormente define índices de eficiência para outras unidades que não pertencem à fronteira (Liu, et al., 2013). DMUs são consideradas unidades como um todo, sem ter em conta a sua estrutura interna, isto é, o sistema é tratado como uma caixa preta, dentro do qual os *inputs* são fornecidos para produzir *outputs*, sendo normalmente uma correlação positiva entre ambos (Kao, 2014).

Pioneiros do modelo DEA inspiraram pensamentos de um grupo de investigadores com as suas ideias, que têm vindo a desenvolver coletivamente com uma alta aceitação no campo académico. Trinta e poucos anos depois da primeira publicação, o desenvolvimento continua e não demonstram sinais de enfraquecimento. Em apenas 2009, mais de 700 *papers* sobre DEA foram publicados, e até ao mesmo ano estão documentados cerca de 4500 na base de dados *ISI Web of Science* (Liu, et al., 2013).

Hoje em dia existem vários modelos de eficiência DEA, tais como *Constant Returns to Scale* (CRS), o *Variable Returns to Scale* (VRS), o modelo aditivo, as medidas *slacks-based* e o modelo *Free Disposal Hull* (FDH), entre outros. Estes modelos são úteis para medir diferentes tipos de requisitos e também são utilizados para vários contextos industriais e não-industriais, tais como hospitais, educação, sistemas bancários, entre outros (Emrouznejad, et al., 2008). Vários autores analisaram a literatura geral do método

DEA e deram vários cenários para o desenvolvimento, em diferentes países, diferentes períodos de tempo e a partir de uma grande variedade de ângulos (Liu, et al., 2013).

Segundo Cooper et al. (2007) e citado por Cooper, et al. (2011), esta metodologia também tem sido utilizada para dar novas perspectivas sobre atividades/entidades avaliadas anteriormente por outros métodos. A título de exemplo os estudos de *benchmarking* identificaram variadas fontes de ineficiência em algumas das empresas mais rentáveis, onde a metodologia enunciada proporcionou uma melhor identificação dos melhores padrões de referência onde foi aplicada.

Investigadores de diversas áreas reconhecem o DEA como uma excelente metodologia para a modelagem de processos operacionais, e a sua orientação empírica e minimização de conjecturas resultaram na sua popularidade e utilização em todos os setores (Cooper, et al., 2011).

Algumas abordagens sobre este método tem sido utilizadas para a seleção de fornecedores, que de acordo com Kumar et al. (2014), o DEA providência uma abordagem robusta a esta problemática. Weber (2000) propôs o DEA para selecionar fornecedores baseados em múltiplos critérios e determinar valores de referência (*benchmarks*). A tabela 2.4 sumariza algumas contribuições já disponíveis na utilização do DEA na seleção de fornecedores (Azadi, et al., 2015):

**Tabela 2.4 – Abordagens DEA para a seleção de fornecedores**

<b>Autores</b>	<b>Abordagem</b>	<b>Descrição</b>
Kleinsorge et al., 1992	DEA	Utilizam o DEA para rastrear o desempenho dos fornecedores
Talluri et al., 2006	Chance constrained DEA (CCDEA)	Propuseram um modelo CCDEA para a seleção de fornecedor na presença de dados estocásticos
Weber et al., 2000	MOP e DEA	Propuseram o MOP e o DEA para avaliar os fornecedores
Farzipoor Saen, 2008	DEA	Propuseram um modelo DEA para a seleção de fornecedores na presença de <i>outputs</i> indesejados e dados imprecisos
Azadi e FarzipoorSaen, 2012	CCDEA	Propuseram um modelo CCDEA para a seleção de fornecedores na presença de dados estocásticos e fatores indesejados
Farzipoor Saen, 2009	DEA	Propuseram um modelo DEA para classificar os fornecedores na presença de dados imprecisos, restrição de pesos e fatores não discriminatórios
Azadi et al., 2012	CCDEA	Desenvolveram um modelo CCDEA para a seleção de fornecedores na presença de dados estocásticos e fatores não discriminatórios

Adaptado de: Azadi, et al. (2015)

### 2.3.2 Pressupostos

Segundo Cooper, et al. (2011), para a existência de uma melhoria de produtividade, é necessário ter em conta todos os níveis da gestão e não apenas o desempenho pessoal, o que se traduz em garantir que o comportamento organizacional é o correto independentemente do caminho a tomar para a melhoria produtiva. Para garantir esse compromisso é necessário destacar os benefícios dessa melhoria e respetivas medidas para a equipa que trabalha para esse efeito. Para avaliar é necessário ter alguns pressupostos que permitem uma aplicação correta do modelo DEA:

1. A amostra de DMUs considerada necessita de ser homogénea, isto é, as entidades consideradas devem constar do mesmo processo, ou semelhante. Um processo é considerado homogéneo se o tipo de *inputs* e *outputs* é o mesmo, para as entidades que o executam. Ou seja, as DMUs consideradas necessitam de estar envolvidas em atividades semelhantes, conjuntos de *outputs* produzidos comuns e que operem em ambientes comparáveis.
2. Assegurar que todos os *inputs* e *outputs* são influenciados do mesmo modo, certificando que fatores não controláveis, como condições ambientais, estão fora do círculo de influência. Segundo o autor, existem duas abordagens para que o descrito seja assegurado: ou incluir esses fatores como *inputs* e maximizar os *outputs*; ou incluir esses fatores como *outputs* e procurar minimizar os *inputs* através do modelo.
3. Utilização do menor número de variáveis para aumentar o nível discriminatório do modelo. Duas regras bastante utilizadas são: a amostra mínima pode ser calculada através do dobro do produto entre o número de *inputs* e *outputs*, ou três vezes maior que o somatório do número de *inputs* e *outputs*. Contudo, esta segunda regra pode ser desconsiderada se um terço da amostra considerada forem DMUs eficientes.
4. Os valores de *inputs* e *outputs* considerados são numéricos, independentes e positivos para cada DMU e devem refletir o interesse do gestor na avaliação (Cooper, et al., 2011).

### 2.3.3 Vantagens e Desvantagens do DEA: Vantagens e Desvantagens

#### 2.3.3.1 Vantagens

O sucesso na aplicabilidade do método DEA em vários casos de estudo fez com que ganhasse muita atenção por parte dos investigadores, pois esta contempla desde a avaliação de desempenho de uma agência bancária, a apresentar resoluções de problemas relativamente a *design* de *layouts* de instalações, até medir a eficiência dos investimentos organizacionais em tecnologia da informação. Estes são alguns exemplos das várias áreas que se podem aplicar o modelo DEA (Toloo & Nalchigar, 2009).

O método DEA permite medir a progressão de uma DMU ao longo do tempo, podendo tirar ilações sobre a progressão da sua eficiência (Cooper, et al., 2011) e não carece *à priori* de qualquer suposição, pressuposto, nem predefinição, sobre as relações funcionais subjacentes entre *inputs* e *outputs*. Possibilitando assim, uma maior aplicabilidade a casos de difícil resolução com outros métodos, nomeadamente casos em que as interações entre *inputs* e *outputs* fossem complexas (Cooper, et al., 2011 e Zhou, et al., 2008). A construção da fronteira de eficiência neste método não necessita de dados relativos a preços, pois é uma técnica considerada eficaz em descobrir relações, que em outros métodos seriam impossíveis de identificar. Seguindo o mesmo contexto, menciona que rapidamente incorpora múltiplos *inputs* e *outputs* e, para calcular eficiência técnica, apenas necessita das quantidades, e não de preços dos mesmos. Além disso, identifica possíveis fontes de ineficiência que podem ser determinadas bem como os níveis de eficiência (Steering Committee, 1997).

Esta metodologia apesar de funcionar com atribuição de pesos a *inputs* e *outputs*, estes são calculados através da resolução do problema evitando, deste modo, possíveis critérios de escolha subjetivos (Santos, 2013).

A possibilidade de projetar DMUs ineficientes para a fronteira de eficiência, é uma grande vantagem na utilização desta metodologia. O DEA possibilita ainda a identificação de fontes e quantidades de ineficiência em cada *input* e em cada *output* para cada DMU e a identificação de *benchmarks* do conjunto eficiente utilizado, para realizar avaliações e identificar fontes (e quantidades) de ineficiência (Cooper, et al., 2002).

O DEA é um método não paramétrico, sendo que não carece de definição de uma função que descreva a fronteira de produtividade. Esta particularidade é especialmente vantajosa porque não existe probabilidade de erro associado à função de produtividade, pois esta não é definida e não é uma dificuldade inicial de modelação do problema (Trindade, 2014).

### **2.3.3.2 Desvantagens**

Uma das desvantagens desta metodologia é a capacidade discriminatória do mesmo. Isto é, quanto maior for o número de *inputs* e *outputs*, maior será a validade de resultados, mas menor a precisão do modelo. Sendo que a tendência é considerar um maior número de DMUs eficientes devido à expansão de exequíveis combinações, que permitem a maximização da eficiência, desde que a sua validade não seja comprometida. Contudo surge outra problemática, no que toca a homogeneidade de DMUs. Segundo Dyson (2001), citado por Brown (2006), no estudo que realizou deparou que DEA apresenta alguns problemas, que incluem a



homogeneidade das unidades em avaliação, a escolha dos *inputs* e *outputs*, a medição de variáveis e os pesos atribuídos às mesmas. Estes últimos reflectem os dados utilizados no modelo de programação linear e podem não certificar todas as propriedades sociais (Pidd, 2012).

Relativamente ao número de *inputs* considerados existe a possibilidade de o modelo atribuir pesos consideravelmente pequenos, o que origina uma diminuta contribuição de cada um nos resultados (Pidd, 2012). Pelo que segundo Cooper, et al. (2011), é aconselhável manter o numero de entidades em estudo igual ao dobro do produto entre os *inputs* e *outputs* considerados.

Segundo Fried et al. (2002), citado por Brown (2006), o método DEA tem dois inconvenientes. O primeiro é ser um modelo determinístico e, portanto, frágil relativamente a medições de erros em variáveis. O segundo é permitir a omissão de variáveis potencialmente relevantes.

É de denotar ainda que o DEA é apenas um método, não sendo possível recriar o ambiente de negócios de um empresa. Na realidade pode acontecer que os valores obtidos sejam indesejáveis, ou impossíveis, de atingir. Este método deve ser considerado um apoio à tomada de decisão e não um substituto da mesma (Easton, et al., 2002).

#### **2.3.4 Modelos DEA tradicionais: CCR e BCC**

Tal como reforçado, o método DEA pode ser implementado de diferentes formas em diferentes modelos, que podem ser utilizados consoante as condições do problema colocado, para que, de seguida sejam apresentados os modelos básicos, denominados por CCR e Banker, Charnes e Cooper (BCC), orientados para o *output*.

Os modelos DEA tradicionais, dividem as DMUs em dois grupos – eficientes e ineficientes. Com as DMUs eficientes constrói-se uma fronteira denominada por “fronteira eficiente” que engloba as DMUs ineficientes. Normalmente, DMUs ineficientes podem livremente reduzir os seus *inputs*, ou expandir seus *outputs*, quando projetadas nas fronteiras para se calcular as suas eficiências. (Yang, et al., 2014). Cada um desses dois modelos permite maximizar a eficiência, ou através da redução de *inputs*, mantendo o mesmo nível produtivo, isto é, orientado para o *input* ou aumentando a produção, dados os níveis de *input*, ou seja, orientado para o *output* (Peña, 2008).

### 2.3.4.1 Modelo CCR

Assumindo que existem  $n$  DMUs para serem avaliadas e que cada uma consome quantidades variadas de  $m$  *inputs* diferentes para produzir  $s$  *outputs* diferentes. Então a  $DMU_j$  consome uma quantidade  $x_{ij}$  de *input*  $i$  e produz uma quantidade  $y_{rj}$  de *output*  $r$ . Assumindo que cada DMU tem pelo menos um valor *input* e um valor *output* positivos e que as quantidades consumidas e produzidas são maiores ou iguais a 0 (zero), isto é,  $x_{ij} \geq 0$  e  $y_{rj} \geq 0$ , respetivamente. Utilizando o rácio introduzido por CCR que relaciona os *outputs* com os *inputs*, utilizado para medir a eficiência relativa da  $DMU_j = DMU_o$  a ser avaliada em relação as proporções de todos os  $j = 1, 2, \dots, n$   $DMU_j$ , para a expressão 2.3:

$$Eficiência = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_r}{\sum_{i=1}^m v_i x_i} \quad (2.3)$$

Para os autores, é possível interpretar esta expressão como uma redução de uma situação de múltiplos *outputs* / múltiplos *inputs*, para cada DMU para um único *input* “virtual” e um único *output* “virtual” (Cooper, et al., 2011). Formulados matematicamente pelas expressões (2.4) e (2.5), respetivamente (Cooper, et al., 2002):

$$Input\ virtual = v_1 x_{1o} + \dots + v_m x_{io} \quad (2.4)$$

$$Output\ virtual = \mu_1 y_{1o} + \dots + \mu_s y_{ro} \quad (2.5)$$

Para uma DMU em particular, o rácio entre esses valores “virtuais” fornece uma medida de eficiência. O modelo possui duas abordagens alternativas para determinar a fronteira de eficiência, uma é orientada para o *input* e a outra orientada para o *output* (Zhu, 2009). Em linguagem de programação matemática, este rácio constitui a função objetivo de uma particular DMU sobre avaliação (Cooper, et al., 2011). Esta função deve ser minimizada e é representada, segundo a orientação *output*, pela expressão (2.6) sujeita às condições representadas em (2.7) (Santos, 2013):

$$\min \frac{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}}{\sum_{r=1}^s u_r y_{ro}} \quad (2.6)$$

Sujeito a:

$$\frac{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}}{\sum_{r=1}^s u_r y_{ro}} \geq 1, u_i, v_r \geq 0 \forall i, r \quad (2.7)$$

$u_r$  e  $v_i$  representam os pesos atribuídos aos *inputs* e *outputs* respetivamente e ambos são positivos. Estes são calculados através da resolução do problema evitando, deste modo, possíveis critérios de escolha subjetivos. Os resultados obtidos representam o conjunto de pesos que permitem à DMU<sub>0</sub> obter uma avaliação mais favorável em relação às restantes. As restrições impostas asseguram que os pesos utilizados levam a valores de eficiência maiores, ou iguais a 1 (um), para todas as unidades da amostra.

Para resolver a expressão (2.6) é necessário recorrer a técnicas de programação linear (Santos, 2013), recorrendo a transformação de variáveis. Como Charnes e Cooper (1962), realizaram uma mudança de variáveis de  $(u, v)$  para  $(\mu, \nu)$ , denominada por transformação de Charnes-Cooper (Cooper, et al., 2011). Segundo Santos (2013), a expressão (2.8) conhecido como modelo *primal* (em inglês *multiplier model*) e está sujeito às restrições apresentadas em (2.9) e (2.10):

$$\min q = \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} \quad (2.8)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} \geq 0 \quad (2.9)$$

$$\sum_{i=1}^m \mu_r y_{r0} = 1, \mu_r, v_i \geq \varepsilon \quad \forall r, i \quad (2.10)$$

Em programação linear, utilizando a propriedade da dualidade, qualquer problema *primal* tem um problema *dual* associado (em inglês *envelopment model*) (Cooper, et al., 2011), definido pela expressão (2.11) tendo em conta as restrições (2.12) e (2.13) (Santos, 2013):

$$\max \theta - \varepsilon \left( \sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \quad (2.11)$$

Sujeito a:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{i0} \quad (2.12)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = \theta y_{ro} \quad (2.13)$$

Em que  $s_i^-$  e  $s_r^+$  representam, respetivamente, as folgas de *input* e *output*. De notar que o sinal “+” na folga do *output* alude a um aumento devido à subprodução de *output* existente, logo, para a DMU atingir a fronteira é necessário um aumento da quantidade de *output*. Da mesma forma o sinal “-” alude a uma diminuição devido à sobre utilização de *input*. Sendo que a folga é a quantidade que ainda é possível ser reduzida para que uma DMU ineficiente se torne eficiente (Cooper, et al., 2011).

O  $\varepsilon$  na função objetivo representa um número infinitamente pequeno e positivo de modo a que não exista qualquer *input* ou *output* igual a zero, permitindo a maximização sobre a pontuação de eficiência ( $\theta$ ), antecipando a otimização das folgas  $s_i^-$  e  $s_r^+$ .

De acordo com Ozcan (2008), as folgas representam as ineficiências que não conseguiram ser anuladas através de acréscimos (reduções) proporcionais de *outputs* (*inputs*). Deste modo, se uma DMU não atinge a fronteira de eficiência, são necessárias folgas que direcionem a mesma para atingir a eficiência.

A expressão (2.11) pode ser resolvida em duas fases: através da obtenção das pontuações ótimas de eficiência ( $\theta^*$ ) ignorando as folgas, como indica nas expressões (2.15) e (2.16); e, posteriormente a resolução de um segundo modelo DEA, através da maximização das folgas e fixando as pontuações ótimas obtidas pela expressão (2.14) (Santos, 2013):

$$\max \left( \sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \quad (2.14)$$

Sujeito a:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- = x_{io}, \lambda_j \geq 0 \quad (2.15)$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ = \theta^* y_{ro}, \lambda_j \geq 0 \quad (2.16)$$

A identificação de DMUs como *benchmarks* é feita através do cálculo de  $\lambda_j^*$  para cada DMU<sub>0</sub>. Caso o valor seja igual a zero, a unidade correspondente a esta variável não será um *benchmark* para a DMU em análise

(Santos, 2013). O conjunto dos valores  $\lambda_j^*$  permite definir uma hipotética DMU eficiente, sendo possível concluir os valores de *inputs* que podem ser reduzidos, e os *outputs* aumentados, para tornar a DMU em análise eficiente (Zhu, 2009).

Quando as folgas são diferentes de zero, no entanto a DMU pertence à fronteira considerada, esta é denominada por “eficiente fraca” e é definida por  $\theta^* = 1$  e  $s_r^{+*}, s_i^{-*} \neq 0$  para algum  $i$  e  $r$  (Cooper, et al., 2011 e Zhu, 2009). Uma DMU define-se eficiente se e só se  $\theta^* = 1$  e  $s_i^{-*} = s_r^{+*} = 0$  para todo o  $i$  e  $r$ . Se  $\theta^* > 1$  a DMU é considerada ineficiente, pelo que para aumentar o seu desempenho é necessário aumentar todos os seus *outputs* proporcionalmente, mantendo o nível de *inputs*, sendo o aumento proporcional máximo permitido igual a  $(\theta^* - 1)$  (Santos, 2013).

Tanto para a orientação para o *input* como para o *output* os resultados obtidos têm de ser equivalentes, ou seja, as DMUs eficientes são as mesmas, e as ineficientes, teriam valor correspondente ao inverso do calculado, na orientação ao *input*. Por exemplo, se o valor de índice da unidade fosse 0,8 (orientação *input*), então o valor do mesmo para a orientação *output* seria de  $1/0,8 = 1,25$ , o que indica que a produção nessa DMU deveria aumentar 25% (Peña, 2008).

Em suma, os valores  $\theta^*, s_i^{-*}$  e  $s_r^{+*}$  permitem identificar DMUs ineficientes e definir objetivos quantitativos para cada uma delas. No modelo orientado ao *input*, o valor objetivo quantitativo para *inputs* ( $\hat{x}_{io}$ ), é calculado através da redução proporcional das variáveis de *input*, demonstrado pela expressão (2.17), subtraindo-se a esta o valor da respetiva folga  $s_i^{-*}$ . Por outro lado para *outputs* ( $\hat{y}_{ro}$ ), o valor da folga  $s_i^{+*}$  é somado ao valor de *output* inicial, demonstrado pela expressão (2.18).

$$(\hat{x}_{io}) = x_{io} - s_i^{-*} = \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j^* \quad (2.17)$$

$$(\hat{y}_{ro}) = \theta^* y_{ro} + s_r^{+*} = \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j^* \quad (2.18)$$

De notar que  $(\hat{x}_{io}, \hat{y}_{ro})$  correspondem às coordenadas da DMU quando projetada na fronteira de eficiência (Ozcan, 2008).

### 2.3.4.2 Modelo BCC

Banker, Charnes e Cooper (1984), baseado no modelo CCR (Banker, et al., 2011), desenvolveram um novo modelo denominado por BCC para estimar a eficiência puramente técnica das DMU. Este também define uma zona fronteira de eficiência e identificar se está a operar com rendimentos à escala de crescente, decrescente ou constante (Toloo & Nalchigar, 2009).

Supondo que existem  $n$  DMUs em que toda a  $DMU_j$ ,  $j=1, 2, \dots, n$ , produz  $s$  *outputs*, possivelmente em diferentes quantidades,  $y_{rj}$  ( $r = 1, 2, \dots, s$ ) utilizando o mesmo número de  $m$  *inputs*, também possivelmente em diferentes quantidades. A eficiência de uma dada  $DMU_0$  pode ser avaliada através modelo BCC resolvendo o problema linear na forma primal (Banker, et al., 2011; Toloo & Nalchigar, 2009). Segundo a orientação para o *output*, conforme exposto na equação (2.19) e restrições (2.20) e (2.21) (Santos, 2013).

$$\min q = \sum_{i=1}^m v_i x_{io} - v_o \quad (2.19)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} - v_o \geq 0 \quad (2.20)$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{io} = 1, v_i \geq \varepsilon, u_r \geq \varepsilon, \varepsilon > 0, v_o \text{ é livre de sinal} \quad (2.21)$$

Como é possível verificar pela formulação anterior, a única distinção entre os modelos CCR e BCC é a variável  $v_o$  que representa o rendimento à escala variável (Peña, 2008). A formulação anterior pressupõem que  $x_{ij}, y_{rj} \geq 0 \forall i, r, j$  e que  $\mu_r, v_i$  são *inputs* e *outputs* da  $DMU_0$ . Sendo  $\varepsilon$  o mesmo valor infinitesimal referido anteriormente no modelo CCR (Toloo & Nalchigar, 2009).

A forma *dual* do modelo BCC difere matematicamente do modelo CCR, devido à introdução da condição de convexidade, isto é,  $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ . Ou seja, para a criação da fronteira de eficiência apenas combinações convexas do conjunto de unidades são permitidas. Contrariamente ao modelo CCR, em que uma determinada DMU é comparada com todas as DMUs da amostra e no modelo BCC a DMU apenas é comparada com DMUs de dimensão semelhante, como tal, a pontuação de eficiência é maior (Banker, et

al., 2011). Sendo o modelo representado pela seguinte formulação (2.22) e restrições (2.23), (2.24) e (2.25) (Santos, 2013):

$$\max \theta - \varepsilon \left( \sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \quad (2.22)$$

Sujeito a:

$$x_{i0} = \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- \quad (2.23)$$

$$\theta y_{r0} = \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ \quad (2.24)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \lambda_j, s_r^+, s_i^- \geq 0, \forall i, r, j \quad (2.25)$$

Como no modelo CCR, o modelo BCC também é calculado em duas fases, onde inicialmente é calculado  $\theta^*$  ignorando a possibilidade de existência de folgas e, posteriormente, uma otimização das folgas fixando o valor de  $\theta^*$ . A formulação representada em (2.14) para a maximização das folgas no modelo CCR é semelhante para este modelo, apenas com a adição de mais uma restrição  $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ . Se uma DMU for ineficiente, é possível fazer-se a projeção da DMU na fronteira de eficiência através dos valores obtidos em (2.17) e (2.18).

É de ter em atenção que neste modelo não se verifica a igualdade de índices de eficiência como para o modelo CCR, isto é, o modelo BCC dá origem a índices de eficiência diferentes para a orientação ao *input* e a orientação ao *output*, devido à sua convexidade da fronteira de eficiência. Contudo, a classificação sobre eficiência em relação às DMUs mantém-se (Banker, et al., 2011).

### Identificação de rendimentos à escala

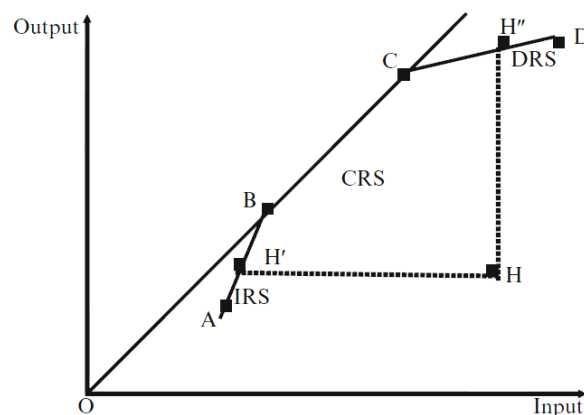
Segundo Santos (2013), os rendimentos à escala estudam as mudanças de produção decorrentes a uma mudança proporcional em todos os *inputs*.

As formulações anteriores assumem  $x_{ij}, y_{rj} \geq 0 \forall i, r, j$  e que todas as variáveis consideradas são restrições não-negativas, à exceção de  $v_o$  que pode ser positivo, negativo ou nulo. As consequências deste parâmetro tornam possível a utilização de valores ótimos para identificar rendimentos à escala (RTS do inglês *returns to scale*).

Com base no modelo apresentado em (2.19) é possível analisar o tipo de RTS de uma DMU através do sinal de  $v_o^*$ . Quando este assume valores negativos para todas as soluções ótimas, esta apresenta rendimentos crescentes à escala (IRS do inglês *Increasing Returns to Scale*), ou seja, um aumento proporcional em todos os *inputs* transmite um aumento aos *outputs*, mais que proporcional. Quando este assume valores positivos, a DMU em questão apresenta rendimentos decrescentes à escala (DRS do inglês *Decreasing Returns to Scale*), isto é, um aumento proporcional dos *inputs* resulta num aumento dos *outputs*, mas em proporção inferior ao acréscimo de *inputs*. Quando  $v_o^* = 0$  em qualquer solução ótima, estamos perante a situação de rendimentos constantes à escala (CRS do inglês *Constant Returns to Scale*). Apenas as DMUs pertencentes à fronteira de eficiência podem ser caracterizados aos RTS.

É necessário ter em atenção, como já foi referido anteriormente, que os modelos orientados a *inputs* e *outputs*, podem dar resultados diferentes, como é possível verificar na figura 2.4. O IRS pode resultar de um modelo orientado para *input* por exemplo, enquanto a aplicação de um modelo orientado para o *output* pode resultar num DRS.

Supondo que existem 5 (cinco) DMUs A, B, C, D e H, como exemplificado na figura 2.4, a reta OBC representa a fronteira de eficiência para o modelo CCR e os segmentos AB, BC e CD constituem a do modelo BCC, e apresentam rendimentos à escala crescentes, constantes e decrescentes, respetivamente.



**Figura 2.4 – Fronteiras de eficiência modelo BCC e CCR e tipos de rendimentos à escala**

Adaptado de: Banker, et al. (2011)



Como o modelo CCR não permite variações nos rendimentos à escala é possível concluir que B e C são as DMUs eficientes. Com o modelo BBC, para além das DMUs B e C, a A e a D também são eficientes, pois este permite variações nos rendimentos à escala. Neste exemplo, A, B, C e D são eficientes, mas apenas B e C estão a operar à melhor escala possível e, por isso, pertence à fronteira CCR.

Como é possível observar, a DMU H não está sob qualquer uma das fronteiras, sendo por isso considerada ineficiente. Aplicando as expressões (2.9) dos valores objetivo de eficiência à DMU H, é possível obter a projecção H' no segmento AB, onde predomina os rendimentos à escala crescentes. Contudo se for utilizado o modelo BCC orientado para o *output*, a projecção H'' situa-se no segmento CD, onde os rendimentos à escala decrescente predominam. Esta situação é devida à orientação para o *input* e a orientação para o *output* apresentarem diferentes projecções na fronteira de eficiência, e é nela que os rendimentos à escala são determinados (Banker, et al., 2011).

Em suma, a grande distinção entre os modelos é o tipo de retorno de escala, pois o modelo CCR proporciona um retorno de escala constante e o modelo BCC um retorno de escala variável (Dourado, 2009). Segundo Toloo & Nalchigar (2009), CCR é uma particularização de BCC. Ou seja, no modelo CCR o aumento proporcional dos *outputs* é provocado quanto maior a quantidade de *inputs*. No modelo BCC esse aumento depende:

1. Retornos Variáveis Crescentes – Incrementos marginais mais do que proporcionais nos *outputs* são originados devido ao aumento nas quantidades de *inputs*;
2. Retorno de Variáveis não Crescentes – Incrementos quantitativo nos *inputs* resultam em crescimentos marginais de *outputs* sempre iguais;
3. Retorno de Variáveis não Decrescentes – o aumento quantitativo de *inputs* não origina decrementos marginais das quantidades de *outputs*;
4. Retorno de Variáveis Decrescentes – Reduções marginais sucessivas nos *outputs* são derivadas dos aumentos nas quantidades de *inputs* (Dourado, 2009).

Na prática, a DMU avaliada será apenas equiparada a DMUs eficientes semelhantes em dimensão e não a todas as DMUs do conjunto de referencia (Trindade, 2014).

### 2.3.5 Outros modelos DEA

Existem vários modelos derivados dos modelos originais CCR e BCC, cada um com as suas propriedades matemáticas para abranger as características singulares de cada situação. Contudo é possível fazer uma divisão entre modelos radiais e não radiais.

Nos modelos radiais, a eficiência é obtida através da redução proporcional nos *inputs*, mantendo os níveis de *outputs* (modelo com orientação para o *input*). Neste tipo de modelos, encontram-se os tradicionais e já mencionados modelos CCR e BCC e ainda o modelo *Window Analysis*.

Nos modelos não radiais, não existe obrigatoriedade de reduções proporcionais para alcançar eficiência das DMUs. O modelo aditivo é um exemplo típico deste tipo de modelos, onde são retiradas restrições do contexto de proporcionalidade das variáveis, permitindo assim reduções nos *inputs* e um aumento nos *outputs* proporcional, ou não (Cooper, et al., 2011). É importante referir o índice de Malmquist (MI do inglês *Malmquist Index*), que se trata de um índice peculiar e bastante utilizado nos estudos que envolve o DEA. Como o *focus* desta dissertação, é relativo aos modelos clássicos DEA, apenas serão apresentadas breves descrições sobre os modelos supramencionados ainda não referidos na presente dissertação.

#### ***Windows Analysis***

*Windows Analysis* é um método estrutural que procura um tratamento mais robusto para alterações de eficiência ao longo do tempo. Introduzido por Charnes et al. (1985), consiste na introdução do conceito janela (do inglês *window*) com  $k$  observações para cada DMU associando-as a  $k$  DMUs diferentes, proporcionando  $n \times k$  DMUs a serem avaliadas. Deste modo  $k$  pontuações diferentes são criadas para cada DMU. A análise continua à medida que os períodos de tempo previamente definidos avançam.

O método permite analisar a estabilidade da DMU, através de qualquer ponto no tempo utilizando diferentes conjuntos de dados, ou através de tendências das  $k$  observações para uma DMU dentro do mesmo conjunto de dados (Cook & Seiford, 2009).

Segundo Cooper et al. (2006), citado por Cook & Seiford (2009), uma das fraquezas do *Windows Analysis* é relativa aos períodos inicial e final, que não são tantas vezes testados como os restantes períodos.

## **Modelo Aditivo**

O modelo aditivo é um exemplo típico dos modelos não radiais, onde são retiradas restrições do contexto de proporcionalidade das variáveis, permitindo assim reduções nos *inputs* e aumento nos *outputs* proporcionais, ou não (Cooper, et al., 2011).

## **Índice de Malmquist**

O MI foi sugerido primeiramente por Malmquist (1953) como uma quantidade com utilização no consumo de *inputs*. Contudo, foi desenvolvido por Fare et al. (1994), um índice de produtividade de *Malmquist*, com base no modelo DEA, que mede as alterações de produtividade durante um período de tempo.

O índice pode ser avaliado em duas vertentes, uma que mede a mudança numa fronteira tecnológica e outra a mudança da eficiência técnica. A calculação deste índice, requiere medidas de dois períodos individuais e dois períodos agregados (Cook & Seiford, 2009).

Segundo Mohanmmadi & Ranaei (2011) citado por Santos (2013), relativamente a outros índices o MI apresenta algumas particulares e propriedades importantes. Quando os objetivos dos gestores diferem, são desconhecidos ou de difícil realização, o MI torna-se útil pois não requer qualquer pressuposto em relação à minimização de custos ou maximização do lucro.

Segundo as metodologias de análise de decisão multicritério no presente capítulo, como a DEA, AHP, ANP, teoria dos conjuntos Fuzzy, MOP e TOPSIS, a DEA é a que apresenta melhor capacidade de análise em qualquer âmbito. Este mede eficiências, na existência de vários *inputs* e *outputs*, onde as entidades fazem a sua conversão. É um sistema de avaliação relativo que não necessita de definição teórica da função fronteira de produtividade, nem de ponderações. Para uma maior informação sobre todos os modelos citados na presente dissertação, pode ser encontrada em Banker, et al. (2011) e Cooper, et al. (2011).

O capítulo seguinte apresenta o modelo de gestão de fornecedores atualmente implementado na organização, que inclui a gestão de risco dos mesmos. Posteriormente e, devido às vantagens já enunciadas do DEA face aos restantes, é proposto um modelo de avaliação de eficiência dos fornecedores com que a organização tem relações comerciais, com o intuito de concluir o nível de eficiência que os mesmos apresentam e por conseguinte, se representam risco elevado.



## Capítulo 3 – Gestão de Risco de Fornecedores na Organização e Modelo de Avaliação Proposto

Neste capítulo, é feita uma primeira abordagem ao caso de estudo. É um capítulo de descrição e de enquadramento do modelo de gestão de fornecedores da organização, onde foi realizado o presente estudo. Processo esse onde está incorporado o tema de gestão de risco de fornecedores, descrito em pormenor.

A organização referenciada é uma multinacional, centenária em Portugal, com o seu *core-business* na digitalização, eletrificação e automação. As áreas foco da presente dissertação, e por consequente, a tipologia de projetos deste estudo, são relativas a infraestruturas e edifícios “verdes”, seguros e energeticamente eficientes. Mais propriamente em segurança contra incêndios, automação, aquecimento, ventilação e ar condicionado. Os fornecedores envolvidos são relativos também às diversas áreas mencionadas.

### 3.1 Caracterização da Organização e Modelo atual

A empresa referente a esta dissertação possui um sistema integrado de Gestão de Fornecedores (GF) que é baseado num modelo uniforme de avaliação do desempenho dos fornecedores e de aplicação da estratégia definida.

A GF é um processo complexo, cíclico e contínuo da responsabilidade do *Procurement*. Este inicia-se após a seleção e qualificação do fornecedor, passando pela sua avaliação, classificação e desenvolvimento que, no caso de não preencher os requisitos mínimos pela organização, o seu destino será o *phase-out*, como ilustrado na Figura 3.1.

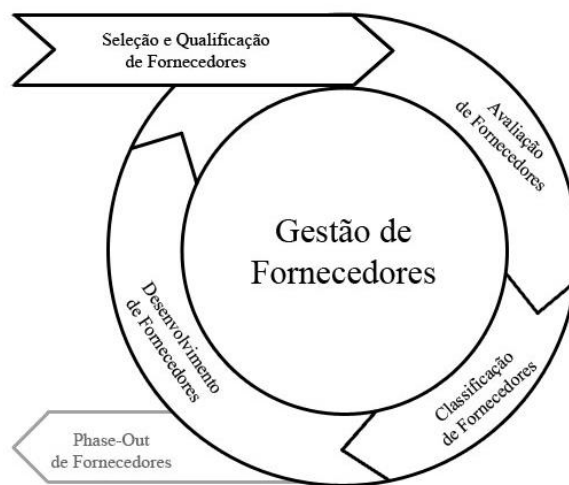


Figura 3.1 – Gestão de Fornecedores

### **3.1.1 Seleção e Qualificação de Fornecedores**

A procura de fornecedores é da responsabilidade do comprador/requerente e deve ser realizada na própria unidade de negócio (UN), sendo esta constituída por três fases. Na primeira fase, verificar a existência de um acordo vigente para o tipo de produto/serviço que se pretende adquirir. No caso de não existir acordo, a segunda fase é composta pela procura na Lista de Fornecedores Preferenciais (LFP), esta consiste numa lista de fornecedores já certificados pela empresa. Caso nenhuma destas fases se verifique, deverá proceder-se à procura do produto/serviço no mercado.

A seleção de novos fornecedores pode ser efetuada pela Área das Compras (AC), quando os produtos/serviços se destinem à sua UN, ou pela Área de Compras Corporativa (ACC), quando o seu uso seja comum às diversas UNs. A área, independentemente de qual seja, irá procurar o fornecedor mais adequado e indicá-lo, tendo em consideração:

- Designação e especificações do artigo ou serviço pretendido;
- Existência de um acordo ou fornecedor preferencial;
- Garantias de qualidade e proteção ambiental;
- Situação geográfica do fornecedor.

Na seleção de fornecedores, a decisão deverá basear-se nas capacidades e nos custos totais de fornecimento.

### **3.1.2 Avaliação de Fornecedores**

A Avaliação de Fornecedores é feita anualmente e consiste num método baseado na experiência que a organização tem com o fornecedor (avaliação do passado), denominada por Avaliação do Desempenho do Fornecedor (ADF) e uma avaliação futura com duas componentes, denominadas por Avaliação Estratégica do Fornecedor (AEF) e Avaliação do Risco do Fornecedor (ARF). O objetivo da organização é avaliar os 20% dos fornecedores que constituem 80% do volume de compra ( $VC_R$ ) da UN, fazendo uma analogia à análise ABC. Tendo em conta que nesta análise podem não estar contemplados fornecedores estrategicamente importantes, apesar de terem um peso menor no  $VC_R$ , alguns fornecedores podem ser adicionados a esse conjunto de avaliações, caso se justifique.

### Avaliação do Desempenho do Fornecedor

Na ADF o desempenho do fornecedor é avaliado em quatro categorias: Compra/Preço, Qualidade, Tecnologia e Logística. Cada categoria é subdividida em quatro critérios, como está apresentado na tabela 3.1.

**Tabela 3.1 - Categorias e Critérios da ADF**

<b><u>Avaliação do Desempenho</u></b>			
<b>Compra/Preço</b>	<b>Qualidade</b>	<b>Logística</b>	<b>Tecnologia</b>
Custos totais do desempenho	Desempenho em termos qualitativos	Desempenho logístico	Atual posição tecnológica
Preenchimento dos requisitos estratégicos	Sistema de Qualidade	Estratégia Logística	Preenchimento dos requisitos específicos tecnológicos
Esforços de redução de custos	Acordo de Seguro de Qualidade	Aspectos Ambientais	Acordos de <i>roadmaps</i> tecnológicos
Cooperação, Serviço e Suporte	Cooperação, Serviço e Suporte	Cooperação, Serviço e Suporte	Cooperação, Serviço e Suporte

Estes 16 critérios são uniformes para toda a organização e são representativos do custo total da relação de fornecimento, cujo objetivo é minimizar os custos da CA. As quatro categorias têm pesos diferentes, mencionados na expressão (3.1), e são avaliadas numa escala de 0 a 100 pontos, através de um questionário preenchido pelo Gestor de Projeto (GP). Este mantém contato com o fornecedor ao longo do ano fiscal com o fim de o avaliar.

Relativamente às quatro categorias, estas são fundamentadas do seguinte modo:

- Compra/Preço – Procura encontrar o preço e custo total do desempenho associado a cada serviço.
- Qualidade – Avalia o desempenho a nível qualitativo do produto/serviço e o sistema de qualidade utilizado.
- Logística – Mede os prazos de execução dos serviços e/ou fornecimento de produtos.
- Tecnologia – Avalia o conhecimento tecnológico do fornecedor.

Após o preenchimento do questionário, é obtido o resultado final da ADF através da expressão (3.1).

$$ADF = 0.30 \times Compra + 0.20 \times Logistica + 0.20 \times Tecnologia + 0.30 \times Qualidade \quad (3.1)$$

e que dá origem a uma classificação representada na tabela 3.2.

**Tabela 3.2 – Classificações e respectivos níveis da ADF**

Nível	Pontuação	Classificação
1	90-100 pontos	Excelente
2	80-89 pontos	Bom
3	70-79 pontos	Bom
4	50-69 pontos	Insuficiente
5	0-49 pontos	Pobre

De acordo com a classificação representada na tabela 3.2, cada nível tem um significado diferente: Excelente implica que a empresa apresentou um desempenho notável no passado; Bom indica que os requisitos do desempenho foram amplamente atingidos, no entanto há espaço para melhorias nas áreas identificadas por esta avaliação; Insuficiente representa uma falha grave nos requisitos do desenvolvimento do fornecedor; Pobre significa que repetidamente o fornecedor causou problemas e gerou custos adicionais para a organização.

#### Avaliação Estratégica do Fornecedor

Em contraste com a ADF, a AEF reflete a potencialidade estratégica do fornecedor, evidência potenciais riscos e oportunidades na relação com o mesmo (visão futura), sendo definida com base num conjunto de critérios como representado na tabela 3.3.

**Tabela 3.3 - Categorias e Critérios de AEF**

<b><u>Avaliação Estratégica</u></b>		
<b>Colaboração Negocial</b>	<b>Competência Operacional</b>	<b>Integração</b>
Valor acrescentado	Qualitativa	Qualidade
Presença Regional	na Gestão da Cadeia de Abastecimento	na Gestão da Cadeia de Abastecimento
Compromisso	<i>Procurement</i> /Gestão de Compras	<i>Procurement</i> /Gestão de Compras
Cooperação	Tecnologia e Capacidade de Inovação	Tecnologia e Capacidade de Inovação

A AEF é subdividida em três categorias e, que por sua vez, são subdivididas em quatro critérios de avaliação. As três categorias são fundamentadas do seguinte modo:

- Colaboração Negocial – Disponibilidade, compromisso e possibilidade, por parte do fornecedor, em criar valor acrescentado (sem criação de dependência), e tornar-se estratégico para a organização.



- Competência Operacional – Implica melhoria continua nos processos, métodos e sistemas nas áreas de compras, qualidade, Gestão da Cadeia de Abastecimento (GCA), como também nas iniciativas de inovação e tecnologia.
- Integração – Apoio ativo em iniciativas de integração conjunta futuras para temas como adjudicação de contratos, gestão da qualidade, GCA e iniciativas de inovação e tecnologia.

O cálculo para obter esta avaliação é dado pela expressão (3.2):

$$AEF = 0.3333 \times \text{Colaboração Negocial} + 0.3333 \times \text{Competência Operacional} + 0.3333 \times \text{Integração} \quad (3.2)$$

Com o resultado obtido desta avaliação é possível obter uma classificação representada na tabela 3.4.

**Tabela 3.4 – Classificações e respetivos níveis da AEF**

Nível	Pontuação	Classificação
1	90-100 pontos	Positiva
2	80-89 pontos	Positiva
3	70-79 pontos	Neutra
4	50-69 pontos	Negativa
5	0-49 pontos	Negativa

A classificação da AEF está dividida em cinco níveis, sendo que todos eles possuem sensivelmente dez pontos cada, com a exceção do quinto. Apesar de existirem cinco níveis, os fornecedores são classificados apenas com três parâmetros: Positivo, Neutro e Negativo.

O objetivo é avaliar a sustentabilidade do fornecedor para futura relação negocial baseada na sua relevância estratégica. Para a organização esta avaliação não é de fórum obrigatório, contudo o processo em que se insere tem.

#### Avaliação do Risco do Fornecedor

A identificação precoce e a minimização do risco do fornecedor asseguram uma estabilidade na CA em que o mesmo está inserido. Com esse objetivo a organização definiu a ARF como um método sistemático para identificar e avaliar potenciais riscos. Após a avaliação a entidade age com o fim de reduzir riscos dos fornecedores, por forma a atingir a melhoria contínua da LFP.

Os critérios para esta avaliação, também realizada pelo *Procurement*, são divididos em duas categorias Sustentabilidade e Continuidade de Negócios do fornecedor, são obrigatórios e estão descritos em pormenor na tabela 3.5.

**Tabela 3.5 – Categorias e Critérios de ARF**

<b>Critérios de Risco de Fornecedores</b>	
<b>Sustentabilidade</b>	<b>Continuidade de Negócio</b>
<i>Compliance</i> Legal	Situação Financeira
Responsabilidade Social & Ética	Gestão de Risco Fornecedores
Ambiente, Saúde & Segurança	Fatores Ambientais de Negócio
<i>Compliance</i> na Cadeia de Abastecimento do Fornecedor	Enquadramento Contratual

A ARF é subdividida em duas categorias e, que por sua vez, são subdivididas em quatro critérios de avaliação. As duas categorias são fundamentadas do seguinte modo:

- Sustentabilidade – Assegura o cumprimento da legislação, meio ambiente, saúde, segurança, GCA e das suas responsabilidades éticas e sociais.
- Continuidade de Negócio – Possibilidade de risco de interrupção da CA do fornecedor, a sua posição no mercado, a sua situação financeira e o seu enquadramento contratual com a organização (quanto mais abrangente o contratos menor o risco associado) e a abrangência do seu sistema de gestão de risco.

O cálculo para obter esta avaliação é dado pela expressão (3.3):

$$ARF = 0.6667 \times Sustentabilidade + 0.3333 \times Continuidade de Negócio \quad (3.3)$$

A avaliação de um fornecedor, relativamente aos critérios de risco mencionados na tabela 3.5, é suportada por avaliações externas da empresa *Dun & Bradstreet* (D&B). Esta é uma organização conhecida pela avaliação do tecido empresarial a nível global, que por sua vez analisa os elementos de risco das entidades, em particular o indicador de risco comercial (<https://www.informadb.pt/idbweb/public/QSEmpresa.xhtml?faces-redirect=true>). Na organização do presente estudo este indicador tem uma forte participação na análise ARF.

O indicador de D&B tem quatro níveis de classificação, compreendidos entre 1 (um) e 4 (quatro), sendo que: 1 está associado a risco baixo; 2 – Risco reduzido; 3 – Risco moderado; e 4 – risco elevado.

Este indicador avalia variáveis tais como, demografia da empresa (antiguidade, setor de atividade, região, número de empregados, forma jurídica, entre outros), processos judiciais, situação contributiva, experiências de pagamentos e dados financeiros relativos a entidades constantes da base de dados da empresa.

Com o resultado obtido da ARF é possível obter a classificação apresentada na tabela 3.6.

**Tabela 3.6 – Classificações e respectivos níveis da ARF**

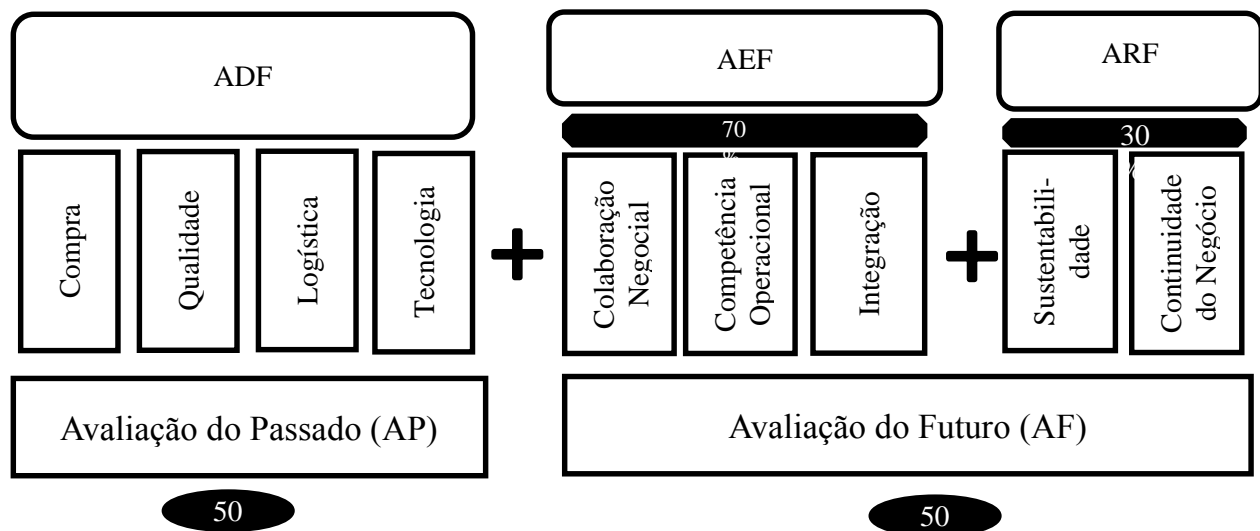
<b>Nível</b>	<b>Pontuação</b>	<b>Classificação</b>
<b>1</b>	90-100 pontos	Baixo
<b>2</b>	80-89 pontos	Baixo
<b>3</b>	70-79 pontos	Médio
<b>4</b>	50-69 pontos	Alto
<b>5</b>	0-49 pontos	Alto

A classificação da ARF vai de nível um a cinco, igual à AEF, sendo que todos os níveis possuem sensivelmente dez pontos cada, exceto o quinto. Apesar de existirem cinco níveis, os fornecedores são classificados apenas com três parâmetros: Baixo, Médio e Alto Risco.

### **3.1.3 Classificação de Fornecedores (CF)**

A CF tem por objetivo apoiar a decisão de seleção de fornecedores, definindo o enquadramento das negociações, para o estabelecimento de uma metodologia de desenvolvimento de fornecedores eficaz e efetiva.

A CF estende a GF com o objetivo de criar uma base de fornecedores transparente e orientada para o futuro. Por um lado procura gerir os fornecedores de um modo eficiente e por outro, o desempenho e a orientação estratégica do fornecedor com a organização. A CF é o culminar de todas as avaliações realizadas ao fornecedor, como é ilustrado na figura 3.2.



**Figura 3.2 - Processo CF por categorias**

A CF é deste modo calculada pela expressão (3.4).

$$CF = 0.5 \times AP + 0.5 \times AF \quad (3.4)$$

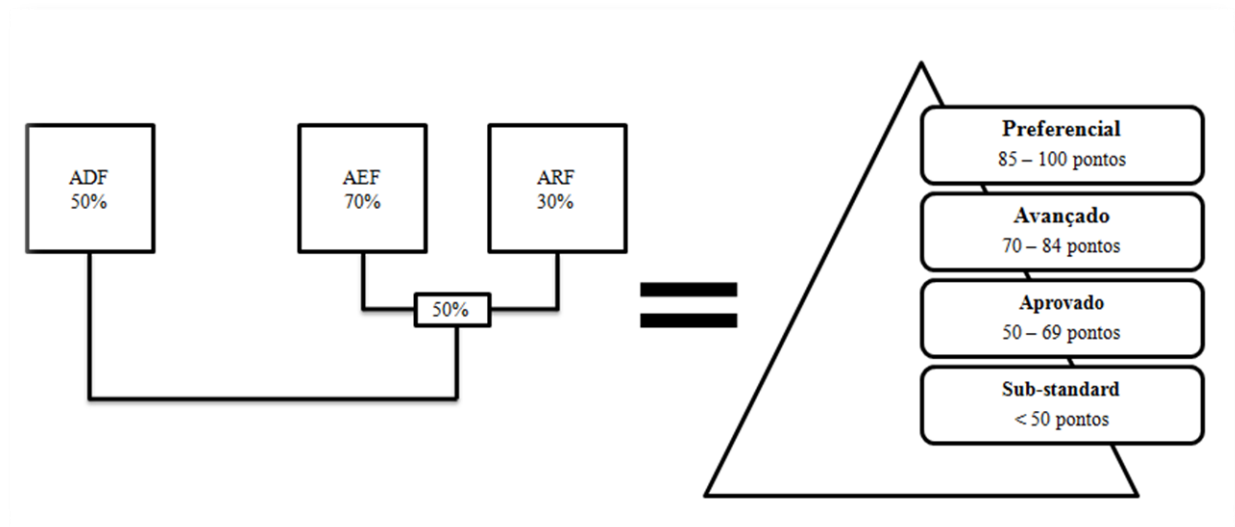
Onde AP representa a avaliação do passado e assume o valor igual ao da ADF. AF por sua vez é definida como avaliação do futuro e é constituída por duas componentes, AEF e ARF. Esta é representada pela expressão (3.5).

$$AF = 0.7 \times AEF + 0.3 \times ARF \quad (3.5)$$

Manipulado algebricamente as expressões 3.4 e 3.5, obtém-se a expressão (3.6) que define a CF em função de ADF, AEF e ARF.

$$CF = 0.5 \times APF + 0.5 \times [(0.7 \times AEF + 0.3 \times ARF)] \quad (3.6)$$

Ou seja, a CF é calculada através da média aritmética entre a AP e AF, sendo que essa prospecção futura é calculada através de uma média ponderada de 70% da AEF e 30% da ARF, como se pode verificar pela figura 3.3.



**Figura 3.3 – Processo CF global com classificação final do fornecedor**

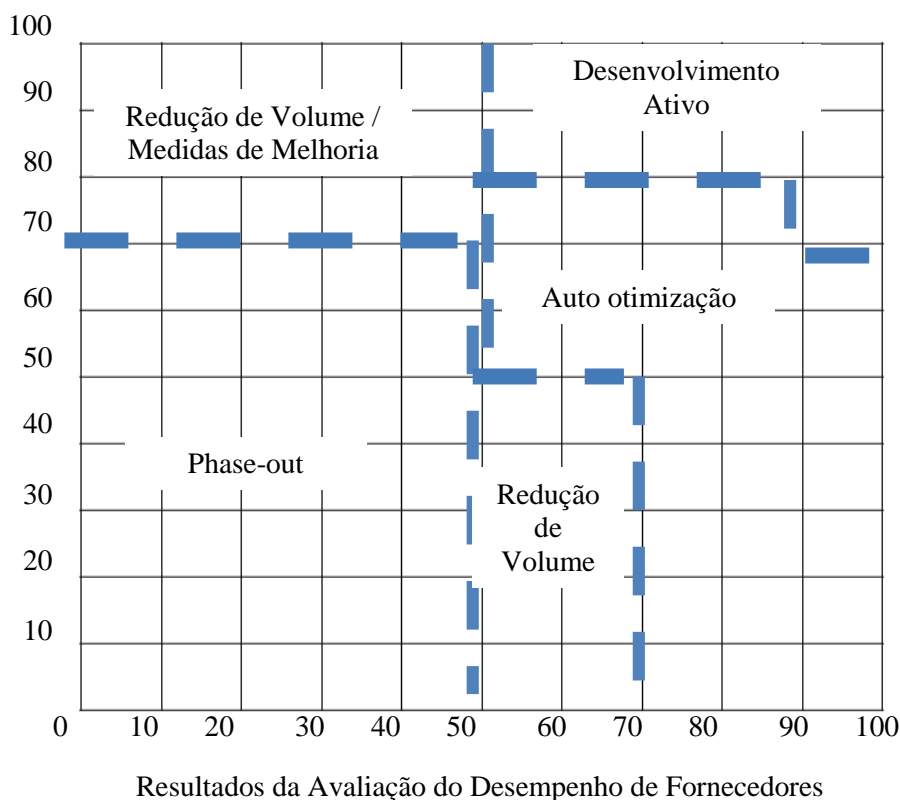
Após o cálculo da AP e AF é possível concluir qual é a classificação global do fornecedor, obtendo assim uma ordem preferencial de negociação, como é demonstrado pela pirâmide da figura 3.3. De acordo com essa classificação é possível avançar-se com o Desenvolvimento do Fornecedor (DF).

### **3.1.4 Desenvolvimento do Fornecedor**

O objetivo deste processo para a organização é melhorar a estrutura de custos e o desempenho dos fornecedores. Assim, a organização pode de forma significativa melhorar o seu valor económico acrescentado. Com a definição de medidas específicas e documentadas no processo de Avaliação de Fornecedores é possível fazer o processo *standard* de Desenvolvimento de Fornecedores.

A comunicação aberta e transparente com o fornecedor é um ponto importante no estabelecimento desta base. A monitorização dessas medidas de desenvolvimento torna visível e mensurável o sucesso desse desenvolvimento. O processo de DF encontra-se sintetizado na figura 3.4.

## Avaliação Estratégica de Fornecedores



**Figura 3.4 - Desenvolvimento de Fornecedores: Avaliação Estratégica vs. Avaliação do Desempenho**

Com estes resultados é possível avaliar se o fornecedor se adequa para uma relação de negócios futura tendo em consideração a sua orientação estratégica.

A título de exemplo, quando o fornecedor se encontra com uma ADF compreendida entre os 50 e 70 pontos e com uma AEF inferior a 50 pontos, as medidas a serem tomadas são: redução do volume de negócio e recorrer a medidas de melhoria.

Este processo é constituído por três fases: desenvolvimento de uma estratégia, definição de medidas e controle regular da evolução. Caso o fornecedor não atinja 50 pontos de ADF e 70 pontos de AEF, este encontra-se em processo de *phase-out*, isto é, a organização necessita de substituir o fornecedor por um que preencha os seus requisitos mínimos.

## **3.2 Modelo de Avaliação Proposto**

Com o objetivo de utilizar o método DEA para analisar a eficiência na Gestão de Risco de Fornecedores da organização, estudam-se as características e variáveis possivelmente relevantes para o modelo. Neste propósito, definem-se os elementos que podem vir a ser utilizados para a aplicação do modelo no Capítulo 4.

### **3.2.1 Inquéritos de Satisfação do Cliente**

Os Inquéritos de Satisfação de Clientes (ISC) estão inseridos na política de qualidade da organização e estão a cargo do departamento de Qualidade de cada UN. Revelou-se importante considerar este inquérito pois é realizado anualmente a todos os clientes com quem a organização tem relações comerciais, e onde os fornecedores são contemplados para desenvolver as atividades junto do cliente, existindo subcontratação a terceiros.

Os ISC são um conjunto de questões relacionadas com os serviços prestados:

- Qualidade dos serviços prestados ao longo do ano fiscal em questão;
- Tempo de resposta às solicitações de serviços;
- Confiança dos serviços prestados ao longo do ano fiscal em questão;
- Conhecimento Técnico;
- Disponibilidade;
- Pro-atividade no oferecimento de soluções inovadoras.

O cliente faz uma avaliação de 1 (um) a 5 (cinco), sendo 1 considerado Muito Fraco e 5 considerado Excelente.

Após a explicação do processo de GF e o conteúdo dos ISCs é necessário definir o modelo a propor consoante os parâmetros existentes. Esta definição passa pela determinação das DMUs e o tipo de modelo DEA a seguir.

### **3.2.2 DEA na Análise de Gestão de Risco de Fornecedores na Organização**

Na aplicação do método DEA e para uma análise da eficiência na área de gestão de risco de fornecedores da organização, é imprescindível fazer um estudo das características e variáveis da mesma, relevantes para o modelo. Nesse sentido, desenvolve-se uma aproximação para os elementos que podem vir a ser utilizados,

quando no capítulo seguinte, se fizer a aplicação do modelo. Os parâmetros a desenvolver referem-se às entidades que são unidades de avaliação de eficiência (DMUs), aos *inputs*, aos *outputs* e ao tipo de modelo a associar consoante as variáveis existentes.

### 3.3.1.1 Decision Making Units

O estudo acerca do DEA depende das entidades selecionadas, uma vez que o método estabelece uma análise do processo de conversão de *inputs* e *outputs* respetivos a cada entidade. A sua definição implica que as DMUs necessitem de ter um processo homogêneo de conversão de *inputs* para *outputs*.

No presente estudo devido ao nível de especificação do âmbito, as DMUs a serem selecionadas são os próprios fornecedores que se pretendem analisar, e consequentemente concluir os riscos que representam para a organização.

O modelo de avaliação proposto contempla todos os fornecedores avaliados pelo modelo implementado atualmente na organização. Isto implica que todos os fornecedores, de qualquer projeto ou contrato, que tenham tido relações comerciais com a organização e tenha um  $VC_R$  representativo para a mesma, iram ser avaliados também no modelo proposto. A segmentação de fornecedores não foi contemplada no presente, devido à necessidade de comparação de resultados obtidos (modelo proposto) com os já existentes (modelo da organização), e devido à amostra de cada segmento ser pequena relativamente à expressão empírica de Cooper et al. (2011), já enunciada anteriormente (Secção 2.3.3.2).

Para a confidencialidade da organização e terceiros, os fornecedores contemplados na presente dissertação serão denominados por fornecedor, sendo atribuído um número para cada um deles. O fornecedor com maior número de  $VC_R$  será denominado por fornecedor 1 (F1), o segundo fornecedor com maior  $VC_R$  por fornecedor 2 (F2), seguindo o mesmo raciocínio para os restantes.

### 3.2.3 Caracterização das variáveis do modelo

Na fase inicial de definição de *inputs* e *outputs* a aplicar no estudo é importante listar todas as variáveis que podem influenciar a eficiência, e o desempenho das DMUs a serem analisadas, tendo presente como estes influenciam a organização devido aos seus riscos associados. Após a contextualização teórica definida no Capítulo 2 e a definição dos processos de GF e ISC da organização no presente capítulo, foi possível estabelecer uma lista de possíveis *inputs* e *outputs* quantitativos. Estes correspondentes às categorias de desempenho: i) financeiro, ii) logístico, iii) fatores organizacionais, iv) gestão da qualidade e melhoria, v)



sustentabilidade, vi) capacidade tecnológica e vii) confiança e compartilha de informação, já enunciados tabela 2.1.

### ***Inputs***

Cada categoria pode ser traduzida por inúmeras variáveis, dependendo do tipo de dados a obter na organização. De acordo com a presente estudo, baseado na tabela 2.1 (pág. 12), podem ser considerados os *inputs* da tabela 3.7.

**Tabela 3.7 - Possíveis inputs baseados no levantamento bibliográfico**

<b>Categoria</b>	<b><i>Inputs</i></b>	<b>Unidade</b>
Desempenho Financeiro	Volume de Compra ( $VC_R$ )	Unidades monetárias
Sustentabilidade	Indicador de Risco D&B ( $D\&B_R$ )	Número
Confiança e compartilha de informação	Número de Encomendas feitas a cada fornecedor <sup>1</sup> (Número de Encomendas)	Número
Confiança e compartilha de informação	Número de anos que o fornecedor trabalha com a organização <sup>1</sup> (Tempo de Abertura)	Número

O  $VC_R$  representa o custo que a organização teve com esse fornecedor durante um ano fiscal. Esses custos representam um parâmetro relevante para qualquer organização, pois definem quantitativamente a relação comercial organização-fornecedor.

Na perspectiva de avaliação de risco, torna-se importante o indicador  $D\&B_R$  pois permite ter uma percepção do estado financeiro do fornecedor a ser avaliado, e se este poderá constituir um risco para a organização. Como já referido anteriormente, este indicador avalia a demografia da empresa (antiguidade, região, número de empregados, entre outros), situação contributiva, experiências de pagamentos e dados financeiros. A sua escala está dimensionada entre 1 e 4, sendo 1 representativo de risco baixo e 4 de risco elevado.

O número de encomendas realizadas ao longo da relação organização-fornecedor permite, assim como o  $VC_R$ , apurar a atividade comercial para com o fornecedor. Sendo que, quanto maior o número de encomendas, maiores são as trocas comerciais entre organização-fornecedor, independentemente do valor monetário associado. O risco do fornecedor é relacionado através do valor monetário envolvido, e/ou pelo número de

---

<sup>1</sup> O número encomendas e o número de anos é contabilizado a partir da data de implementação do sistema SAP na organização, que corresponde ao ano de 2004 (isto é, os dados apurados são de 2004 até ao presente ano)

vezes que poderá falhar no fornecimento de produtos/prestação de serviços. O número de anos de relação comercial organização-fornecedor também reflete o risco existente, pois contribui para o “processo colaborativo” entre organização-fornecedor.

### **Outputs**

Do mesmo modo que os possíveis *inputs* foram definidos, os *outputs* podem ser traduzidos por inúmeras variáveis. Os dados possíveis de ser considerados são apresentados na tabela 3.8.

**Tabela 3.8 – Possíveis outputs baseados no levantamento bibliográfico**

<b>Categoria</b>		<b>Outputs</b>	<b>Unidade</b>
Gestão da qualidade e melhoria	Avaliação ISC	Qualidade ( $Q_{RI}$ )	Número
Gestão da qualidade e melhoria		Logística ( $L_{RI}$ )	Número
Gestão da qualidade e melhoria		Pro-atividade (P)	Número
Capacidade tecnológica		Tecnologia ( $T_{RI}$ )	Número
Desempenho Logístico		Disponibilidade (D)	Número
Confiança e compartilha de informação		Confiança (C)	Número
Desempenho Financeiro	Avaliação GF – ADF	Compra/Preço (Pr)	Número
Desempenho Logístico		Logística ( $L_{RII}$ )	Número
Gestão da qualidade e melhoria		Qualidade ( $Q_{RII}$ )	Número
Capacidade Tecnológica		Tecnologia ( $T_{RII}$ )	Número
Sustentabilidade	Avaliação GF – ARF	Sustentabilidade (S)	Número
Sustentabilidade		Continuidade no Negócio (CN)	Número

A avaliação ISC caracteriza os fornecedores associados aos projetos e contratos existentes, sendo que este último é independente da contextualização contratual. Estes são avaliados através dos parâmetros referenciados na tabela 3.8: Qualidade ( $Q_{RI}$ ), Logística ( $L_{RI}$ ), Pro-atividade (P), Tecnologia ( $T_{RI}$ ), Disponibilidade (D) e Confiança (C).

Na avaliação explicada anteriormente no Capítulo 3 – Ponto 3.1, GF- ADF, os fornecedores são selecionados através do  $VC_R$  do ano fiscal anterior. Como também referido anteriormente, 20% dos fornecedores selecionados representam 80% do  $VC_R$  existente no ano fiscal anterior ao ano em vigor. Pela tabela 3.8 verifica-se que os parâmetros considerados nesta avaliação são: Compra/Preço (Pr), Qualidade

( $Q_{RII}$ ), Logística ( $L_{RII}$ ) e Tecnologia ( $T_{RII}$ ), avaliados pelos GPs que interagiram com os fornecedores selecionados para avaliação.

Outro possível *output* é a avaliação realizada pelo *Procurement*/Gestão de Compras a nível de Continuidade de Negócio (CN) e Sustentabilidade (S), também já enunciado no Capítulo 3 – Ponto 3.1, GF-ARF. Esta avalia os mesmos fornecedores que GF – ADF.

Apenas como nota, seria possível determinar outro possível *output* referente a avaliações realizadas pela organização, a AEF. No entanto, a nível organizacional esta avaliação não é de carácter obrigatório, pelo que não existem dados na UN que possam servir para este efeito.

### 3.2.4 Apresentação do modelo

Na presente dissertação será utilizado o modelo BCC orientado para o *output*, tendo por objetivo estudar o aumento de *outputs* mantendo o nível de *inputs*.

A utilização do modelo BCC é justificada através de uma condicionante do modelo CCR, que sugere a existência de aumento em proporcionalidade. No entanto, o modelo CCR aponta para um aumento proporcional em termos produtivos, isto é, de escala constante. Enquanto, o modelo BCC tende a realizar aproximações ao nível de produção, significando um retorno de escala variável. No âmbito da presente dissertação será aplicado modelo BCC, porque é um modelo relativo, a sua capacidade de análise em qualquer âmbito é primordial e na gestão de fornecedores não é necessário ter máxima relação entre os *inputs* e *outputs*.

A orientação ao *output* é considerada a mais adequada, pois permite estabelecer um paralelismo direto. Isto é, uma DMU eficiente comporta menor risco. Ou seja, uma DMU eficiente cumpre os seus objetivos do modo mais correto, o que origina um impacto positivo para a organização, enquanto uma empresa menos eficiente pode não cumprir os objetivos delineados, e trazer um impacto menos positivo, ou até mesmo negativo, para a organização.

Segundo Cooper, et al. (2011), a qualidade dos resultados da análise DEA é afetada pelo número de variáveis que são utilizadas no modelo. A inclusão de um número elevado de *inputs* e *outputs* no modelo, tem como consequência a sua precisão, isto é, menor é o seu poder de distinção entre DMUs eficientes e ineficientes. O número de DMUs deve ser elevado, e o número de *inputs* e *outputs* deve ser diminuto para

não comprometer a validade do modelo. O autor refere uma regra empírica que o número de DMUs deve ser maior que o dobro do produto dos *inputs* e *outputs*, representada na expressão (3.7).

$$2 \times (\text{número de inputs} \times \text{número de outputs}) \quad (3.7)$$

A aplicação do modelo BCC, com o objetivo de utilizar o método DEA para analisar a eficiência na Gestão de Risco de Fornecedores da organização, foi anteriormente enunciado no Capítulo 2, com as respectivas expressões teóricas. O cálculo das eficiências relativas ótimas e folgas associadas a cada *input* e *output* será obtido de acordo com a aplicação das expressões teóricas (2.23) e (2.24). No entanto, é necessário resolver as mesmas em duas fases: através da obtenção das pontuações ótimas de eficiência ( $\theta^*$ ) ignorando as folgas e posteriormente o cálculo das folgas fixando o valor das eficiências. A aplicação das expressões do capítulo 2 será feita através da expressão (3.8), a nível dos *inputs*, e através da expressão (3.9), a nível dos *outputs*.

$$x_{i0} = \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- \Leftrightarrow VC_R = \sum_{j=1}^n VC_{Rj} \lambda_j + s_{VC_R}^- \quad (3.8)$$

$$\theta^* y_{r0} = \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ \Leftrightarrow \theta^* Q_{Ra} = \sum_{j=1}^n Q_{Ra,j} \lambda_j, \text{ com } \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (3.9)$$

De denotar que as expressões anteriores são exemplos de aplicabilidade para  $VC_R$  e  $Q_{Ra}$ , respetivamente. No entanto para os restantes *inputs* e *outputs* a aplicação será feita do mesmo modo.

Resultante da aplicabilidade da expressão (2.18), os valores-meta para *outputs* serão obtidos através da aplicação das expressões (3.10) para o parâmetros  $Q_{Ra}$ . No entanto a aplicação para  $L_{Ra}$  e  $T_{Ra}$  será feita de igual forma.

$$\left( \hat{y}_{Q_{Ra},j} \right) = \theta^* y_{rj} + s_r^{+*} = \frac{1}{\phi^*} \times Q_{Ra} + s_{Q_{Ra}}^{+*}, \text{ com } a = I, II \quad (3.10)$$

A nível dos *inputs*, os valores-meta serão calculados com a aplicação da expressão (3.11) resultantes da expressão teórica (2.17). Novamente a aplicação da expressão seguinte para os parâmetros  $D\&B_R$  e  $NME_R$  será idêntica.

$$\left( \hat{x}_{ij} \right) = x_{i0} - s_i^{-*} = VC_R - s_{VC_R}^{-*} \quad (3.11)$$

## Capítulo 4 – Aplicação do modelo de avaliação proposto

Neste capítulo aplica-se o método DEA na análise da eficiência de fornecedores em prol da gestão do risco dos mesmos. Inicialmente são expostos os dados recolhidos na organização, com a posterior definição dos *inputs* e *outputs*. De acordo com os dados recolhidos apresentam-se os resultados obtidos e respetivas conclusões.

### 4.1 Dados Recolhidos

A maioria dos dados utilizados na presente dissertação, para o nível dos *inputs* e para o nível dos *outputs*, são provenientes de avaliações realizadas pelos clientes e gestores de projetos, referentes ao ano fiscal anterior da organização. O ano fiscal discutido corresponde ao espaço temporal de Outubro de 2013 e Setembro de 2014 e será atribuída a denominação de Ano Fiscal 2014 (AF14).

Através do sistema SAP (do inglês *System Applications and Products*) – *Software* de aplicação empresarial que faz o processamento de informações da organização em tempo real – recolheram-se os valores de  $VC_R$  referentes ao AF14, número de encomendas realizadas ao fornecedor (denominado por Número de Encomendas) e o número de anos que o fornecedor mantém relações com a organização (denominado por TA que significa Tempo de Abertura). Pelos relatórios da empresa D&B, recolheram-se os indicadores de risco comercial ( $D\&B_R$ ). Os dados recolhidos encontram-se representados na tabela 4.1.

**Tabela 4.1 - Volume de compras, encomendas, tempo de abertura e indicador D&B**

Fornecedor	$VC_R$ (€)	Número de Encomendas (unid)	TA (anos)	$D\&B_R$
F1	4.007.710,51	712	10	1
F2	839.487,26	22	10	2
F3	705.149,03	4	10	2
F4	395.443,39	16	6	2
F5	321.686,18	49	10	4
F6	290.982,29	4	1	3
F7	263.322,25	126	10	1
F8	234.111,98	282	7	2
F9	224.304,74	499	9	3

**Tabela 4.1 - Volume de compras, encomendas, tempo de abertura e indicador D&B (continuação)**

<b>Fornecedor</b>	<b><math>VC_R</math> (€)</b>	<b>Número de Encomendas (unid)</b>	<b>TA (anos)</b>	<b><math>D\&amp;B_R</math></b>
<b>F10</b>	177.704,52	549	9	3
<b>F11</b>	169.348,20	366	10	1
<b>F12</b>	166.042,97	10	10	2
<b>F13</b>	127.828,22	67	9	2
<b>F14</b>	118.108,03	4	10	1
<b>F15</b>	115.229,75	6	1	2
<b>F16</b>	112.973,00	461	8	4
<b>F17</b>	101.614,04	41	10	1
<b>F18</b>	101.460,16	5	9	4
<b>F19</b>	84.851,98	78	10	4
<b>F20</b>	81.651,00	528	11	2
<b>F21</b>	76.830,00	8	4	2
<b>F22</b>	75.318,45	61	2	4
<b>F23</b>	70.728,12	7	1	2
<b>F24</b>	70.511,50	74	9	2
<b>F25</b>	69.338,81	11	10	2
<b>F26</b>	64.514,91	309	9	1
<b>F27</b>	58.329,92	57	10	2
<b>F28</b>	55.918,54	163	6	4
<b>F29</b>	55.103,86	39	10	3
<b>F30</b>	53.886,54	23	10	2
<b>F31</b>	51.027,20	115	5	2
<b>F32</b>	50.249,02	183	10	2
<b>F33</b>	47.139,59	5	7	3
<b>F34</b>	45.427,70	6	10	2
<b>F35</b>	43.684,12	54	10	4
<b>F36</b>	43.242,49	85	10	1
<b>F37</b>	39.370,86	4	1	1
<b>F38</b>	36.843,84	85	10	3
<b>F39</b>	33.596,97	17	10	1
<b>F40</b>	30.303,40	1	1	1
<b>F41</b>	30.282,67	1	1	2
<b>F42</b>	30.190,80	28	10	3

**Tabela 4.1 - Volume de compras, encomendas, tempo de abertura e indicador D&B (continuação)**

<b>Fornecedor</b>	<b><math>VC_R</math> (€)</b>	<b>Número de Encomendas (unid)</b>	<b>TA (anos)</b>	<b><math>D\&amp;B_R</math></b>
<b>F43</b>	27.997,90	1	2	2
<b>F44</b>	26.658,81	9	2	2
<b>F45</b>	26.081,12	43	1	4
<b>F46</b>	21.024,13	6	1	4
<b>F47</b>	20.494,49	134	10	2
<b>F48</b>	19.500,00	1	6	2
<b>F49</b>	18.659,89	7	7	3
<b>F50</b>	15.355,76	30	10	4
<b>F51</b>	14.395,43	8	1	3
<b>F52</b>	13.380,00	3	3	2
<b>F53</b>	13.095,45	40	10	3
<b>F54</b>	12.956,22	41	10	2
<b>F55</b>	10.750,03	12	10	2
<b>F56</b>	9.076,00	106	10	2
<b>F57</b>	8.583,90	2	1	2
<b>F58</b>	4.210,00	16	2	2
<b>F59</b>	2.160,00	16	10	3
<b>F60</b>	0,00	36	10	2
<b>F61</b>	0,00	9	2	2

Os ISCs foram entregues aos clientes no fim do contrato (independente da contextualização contratual) por correio eletrónico, dentro do ano fiscal supracitado, de modo a obter uma classificação respetiva aos serviços prestados. Os inquéritos contemplam, como já foi enunciado, questões relativas à Qualidade ( $Q_{R_I}$ ), Logística ( $L_{R_I}$ ), Confiança (C), Tecnologia ( $T_{R_I}$ ), Disponibilidade (D) e Pro-atividade (P) e cada fornecedor obteve os valores médios. Apenas foram obtidas 7 (sete) respostas, por parte dos clientes, que englobam os fornecedores considerados, referidos na tabela 4.2.

**Tabela 4.2 – Valores médios obtidos por categoria dos ISCs no AF14**

<b>Fornecedor</b>	<b><math>L_{R_I}</math></b>	<b><math>Q_{R_I}</math></b>	<b><math>T_{R_I}</math></b>	<b>P</b>	<b>D</b>	<b>C</b>
<b>F1</b>	4,06	4,00	4,09	3,75	4,33	4,00
<b>F9</b>	3,39	3,42	3,84	3,17	3,17	3,50
<b>F16</b>	3,58	3,92	3,82	3,50	3,83	3,83
<b>F32</b>	3,67	4,50	4,50	4,00	4,00	4,00

**Tabela 4.2 - Valores médios obtidos por categoria dos ISCs no AF14 (continuação)**

<b>Fornecedor</b>	<b><math>L_{RI}</math></b>	<b><math>Q_{RI}</math></b>	<b><math>T_{RI}</math></b>	<b>P</b>	<b>D</b>	<b>C</b>
<b>F10</b>	4,00	4,50	4,00	n.a.	5,00	4,00
<b>F26</b>	4,50	4,60	4,74	4,22	4,70	4,20
<b>F8</b>	4,33	4,50	5,00	n.a.	4,00	5,00

No início de cada ano fiscal é realizado o processo de avaliação de fornecedores relativo ao ano fiscal anterior, de onde se recolheram os valores médios para a GF ADF apresentados na tabela 4.3, que contemplam as categorias Compra/Preço (Pr), Qualidade ( $Q_{RII}$ ), Logística ( $L_{RII}$ ) e Tecnologia ( $T_{RII}$ ). O processo consiste também em inquéritos nas categorias mencionados, preenchidos em reuniões previamente marcadas entre o *Procurement* e os GPs, uma vez que o departamento tem a responsabilidade pelo processo GF na sua globalidade.

**Tabela 4.3 – Valores médios obtidos por categoria da GF ADF no AF14**

<b>Fornecedor</b>	<b>Pr</b>	<b><math>Q_{RII}</math></b>	<b><math>L_{RII}</math></b>	<b><math>T_{RII}</math></b>	<b>Fornecedor</b>	<b>Pr</b>	<b><math>Q_{RII}</math></b>	<b><math>L_{RII}</math></b>	<b><math>T_{RII}</math></b>
<b>F1</b>	86	86	72	86	<b>F32</b>	86	78	87	90
<b>F2</b>	74	85	82	77	<b>F33</b>	82	76	81	83
<b>F3</b>	82	73	81	83	<b>F34</b>	80	73	81	80
<b>F4</b>	81	73	80	80	<b>F35</b>	75	87	75	80
<b>F5</b>	70	72	73	78	<b>F36</b>	91	81	89	93
<b>F6</b>	79	73	81	82	<b>F37</b>	77	73	80	79
<b>F7</b>	94	93	91	95	<b>F38</b>	88	80	88	90
<b>F8</b>	79	74	82	80	<b>F39</b>	85	89	82	87
<b>F9</b>	87	77	85	90	<b>F40</b>	79	73	81	80
<b>F10</b>	82	75	85	86	<b>F41</b>	79	73	81	80
<b>F11</b>	85	86	87	83	<b>F42</b>	88	79	86	92
<b>F12</b>	79	73	81	78	<b>F43</b>	80	74	81	82
<b>F13</b>	75	85	81	80	<b>F44</b>	85	78	86	89
<b>F14</b>	58	51	61	53	<b>F45</b>	83	78	86	90
<b>F15</b>	78	73	81	78	<b>F46</b>	76	74	83	85



**Tabela 4.3 - Valores médios obtidos por categoria da GF ADF no AF14 (continuação)**

<b>Fornecedor</b>	<b>Pr</b>	<b><math>Q_{R_{II}}</math></b>	<b><math>L_{R_{II}}</math></b>	<b><math>T_{R_{II}}</math></b>	<b>Fornecedor</b>	<b>Pr</b>	<b><math>Q_{R_{II}}</math></b>	<b><math>L_{R_{II}}</math></b>	<b><math>T_{R_{II}}</math></b>
<b>F16</b>	89	75	84	88	<b>F47</b>	78	80	86	90
<b>F17</b>	80	75	81	87	<b>F48</b>	92	81	89	95
<b>F18</b>	87	80	87	95	<b>F49</b>	80	74	82	83
<b>F19</b>	94	92	89	98	<b>F50</b>	87	76	87	88
<b>F20</b>	90	91	84	89	<b>F51</b>	77	70	76	77
<b>F21</b>	84	83	93	88	<b>F52</b>	86	76	86	87
<b>F22</b>	80	78	86	87	<b>F53</b>	79	85	81	80
<b>F23</b>	79	73	80	80	<b>F54</b>	81	79	85	85
<b>F24</b>	81	88	80	85	<b>F55</b>	81	89	86	90
<b>F25</b>	76	68	74	73	<b>F56</b>	60	76	85	90
<b>F26</b>	92	75	86	86	<b>F57</b>	90	82	88	93
<b>F27</b>	88	78	85	85	<b>F58</b>	81	72	84	80
<b>F28</b>	79	64	76	67	<b>F59</b>	78	76	87	90
<b>F29</b>	82	76	84	83	<b>F60</b>	81	86	83	80
<b>F30</b>	91	81	88	93	<b>F61</b>	88	80	87	90
<b>F31</b>	86	78	87	90					

## 4.2 Aplicação do modelo proposto

### 4.2.1 Definição das DMUs

Segundo a contextualização teórica enunciada no Capítulo 2, na aplicação do método DEA as DMUs implicam homogeneidade, e os *inputs* e *outputs* considerados têm de ser comuns em todas elas. De acordo com os dados recolhidos e a definição das DMUs, estes dois princípios são assegurados.

No entanto, num universo de 61 fornecedores avaliados no AF14 pela organização, apenas serão considerados 50 no presente estudo, devido à limitação apresentada pela ferramenta computacional utilizada. A seleção dos 50 fornecedores foi feita com base no  $VC_R$  de cada fornecedor e esta ponderação foi feita de acordo com um dos princípios da organização. Sendo que os parâmetros de seleção da avaliação de fornecedores são realizado pela organização, pelo que serão excluídos da amostra os últimos 11 fornecedores que possuem um menor  $VC_R$ .

#### 4.2.2 Definição dos *inputs* e *outputs*

Como já enunciado no capítulo anterior, segundo Cooper, et al. (2011), o número de DMUs deve ser elevado, e o número de *inputs* e *outputs* deve ser diminuto para não comprometer a validade do modelo. Seguindo a regra empírica expressa em (3.7), é necessário tentar diminuir o número de *inputs* e *outputs* o máximo possível, tendo em atenção os fatores que podem influenciar o risco.

##### 4.2.2.1 *Inputs*

Os *inputs* considerados na avaliação de eficiência dos fornecedores são o  $VC_R$ , o indicador  $D\&B_R$  e o Número Médio de Encomendas ( $NME_R$ ). Sendo este último o resultante do Número de Encomendas em função do Tempo de Abertura (TA).

Os *inputs* associados aos fornecedores considerados são representados na tabela 4.4.

**Tabela 4.4 – *Inputs* do modelo**

DMUs	$VC_R$ (€)	$D\&B_R$	$NME_R$	DMUs	$VC_R$ (€)	$D\&B_R$	$NME_R$
<b>F1</b>	4.007.710,51	1	71,20	<b>F26</b>	64.514,91	1	34,33
<b>F2</b>	839.487,26	2	2,20	<b>F27</b>	58.329,92	2	5,70
<b>F3</b>	705.149,03	2	0,40	<b>F28</b>	55.918,54	4	27,17
<b>F4</b>	395.443,39	2	2,67	<b>F29</b>	55.103,86	3	3,90
<b>F5</b>	321.686,18	4	4,90	<b>F30</b>	53.886,54	2	2,30
<b>F6</b>	290.982,29	3	4,00	<b>F31</b>	51.027,20	2	23,00
<b>F7</b>	263.322,25	1	12,60	<b>F32</b>	50.249,02	2	18,30
<b>F8</b>	234.111,98	2	40,29	<b>F33</b>	47.139,59	3	0,71
<b>F9</b>	224.304,74	3	55,44	<b>F34</b>	45.427,70	2	0,60
<b>F10</b>	177.704,52	3	61,00	<b>F35</b>	43.684,12	4	5,40
<b>F11</b>	169.348,20	1	36,60	<b>F36</b>	43.242,49	1	8,50
<b>F12</b>	166.042,97	2	1,00	<b>F37</b>	39.370,86	1	4,00
<b>F13</b>	127.828,22	2	7,44	<b>F38</b>	36.843,84	3	8,50
<b>F14</b>	118.108,03	1	0,40	<b>F39</b>	33.596,97	1	1,70
<b>F15</b>	115.229,75	2	6,00	<b>F40</b>	30.303,40	1	1,00
<b>F16</b>	112.973,00	4	57,63	<b>F41</b>	30.282,67	2	1,00
<b>F17</b>	101.614,04	1	4,10	<b>F42</b>	30.190,80	3	2,80

**Tabela 4.4 - Inputs do modelo (continuação)**

<b>DMUs</b>	<b><math>VC_R</math> (€)</b>	<b><math>D\&amp;B_R</math></b>	<b><math>NME_R</math></b>	<b>DMUs</b>	<b><math>VC_R</math> (€)</b>	<b><math>D\&amp;B_R</math></b>	<b><math>NME_R</math></b>
<b>F18</b>	101.460,16	4	0,56	<b>F43</b>	27.997,90	2	0,50
<b>F19</b>	848.51,98	4	7,80	<b>F44</b>	26.658,81	2	4,50
<b>F20</b>	816.51,00	2	48,00	<b>F45</b>	26.081,12	4	43,00
<b>F21</b>	768.30,00	2	2,00	<b>F46</b>	21.024,13	4	6,00
<b>F22</b>	753.18,45	4	30,50	<b>F47</b>	20.494,49	2	13,40
<b>F23</b>	707.28,12	2	7,00	<b>F48</b>	19.500,00	2	0,17
<b>F24</b>	705.11,50	2	8,22	<b>F49</b>	18.659,89	3	1,00
<b>F25</b>	693.38,81	2	1,10	<b>F50</b>	15.355,76	4	3,00

#### 4.2.2.2 Outputs

Após a consolidação dos *outputs* existentes e disponíveis nas tabelas 4.1 e 4.2 verificou-se algumas limitações na aplicabilidade do modelo DEA já numa fase inicial.

Na compilação de todos os ISC recolhidos, as avaliações realizadas apenas se refletiram num universo de 7 (sete) dos fornecedores avaliados pela organização. Ou seja, originando no modelo proposto um número sete de DMUs a serem contempladas.

$$2 \times (\text{número de inputs} \times \text{número de outputs}) = 2 \times (3 \times 3) = 18$$

Por aplicação da expressão (3.7) verifica-se que o número mínimo de DMUs deveria ser 18 DMUs. Desta forma, demonstra-se que a validade do modelo a ser aplicado pode ser posto em causa porque existe uma discrepância entre o número de DMUs existentes e necessárias.

No entanto, seria preferencial obter a eficiência dos fornecedores através de uma avaliação do cliente, devido à sua imparcialidade, envolvimento em conceitos como a melhoria contínua dos processos e relevância para o funcionamento e sobrevivência de qualquer organização.

Por comparação dos *outputs* possíveis de considerar (ver tabela 3.8 do capítulo 3), os que se relacionam nas vertentes de todas as avaliações consideradas são: Qualidade (Q); Logística (L); Tecnologia (T). Assim, serão estes os examinados para o estudo a ser realizado.

O modelo DEA BCC vai ser aplicado em dois casos distintos. Sendo o **Caso I** respetivo à avaliação externa por intermédio dos ISC, e o **Caso II** respetivo à avaliação interna por intermédio da GF ADF.

#### Caso I – Avaliação Externa (base ISC)

Tendo por base as considerações anteriormente feitas, a tabela 4.5 inclui apenas os fornecedores F1, F8, F9, F10, F16, F26 e F32, cujos *inputs* estão na tabela 4.4, e apresenta os *outputs* considerados para o caso I.

**Tabela 4.5 – Inputs e outputs para o caso I**

DMUs	Inputs			Outputs		
	$VC_R$ (€)	$D\&B_R$	$NME_R$	$Q_{R_I}$	$L_{R_I}$	$T_{R_I}$
<b>F1</b>	4.007.710,51	1	71,20	4,00	4,06	4,09
<b>F9</b>	224.304,74	3	55,44	3,42	3,39	3,84
<b>F16</b>	112.973,00	4	57,63	3,92	3,58	3,82
<b>F32</b>	502.49,02	2	18,30	4,50	3,67	4,50
<b>F10</b>	177.704,52	3	61,00	4,50	4,00	4,00
<b>F26</b>	64.514,91	1	34,33	4,60	4,50	4,74
<b>F8</b>	234.111,98	2	40,29	4,50	4,33	5,00

#### Caso II - Avaliação Interna (base GF-ADF)

Neste caso os *outputs* em análise são os mesmos que no caso anterior, mas com valores recolhidos da GF ADF. Esta é realizada em quatro parâmetros já mencionados e com os dados da tabela 4.3. Devido à limitação da ferramenta computacional já referida, as 50 DMUs a serem consideradas para efeito de amostra apresentam-se na tabela 4.6.

**Tabela 4.6 - Outputs para o caso II**

DMUs	$Q_{R_{II}}$	$L_{R_{II}}$	$T_{R_{II}}$	DMUs	$Q_{R_{II}}$	$L_{R_{II}}$	$T_{R_{II}}$
<b>F1</b>	86	72	86	<b>F26</b>	75	86	86
<b>F2</b>	85	82	77	<b>F27</b>	78	85	85
<b>F3</b>	73	81	83	<b>F28</b>	64	76	67
<b>F4</b>	73	80	80	<b>F29</b>	76	84	83
<b>F5</b>	72	73	78	<b>F30</b>	81	88	93
<b>F6</b>	73	81	82	<b>F31</b>	78	87	90
<b>F7</b>	93	91	95	<b>F32</b>	78	87	90

**Tabela 4.6 - Outputs para o caso II (continuação)**

<b>DMUs</b>	<b><math>Q_{RII}</math></b>	<b><math>L_{RII}</math></b>	<b><math>T_{RII}</math></b>	<b>DMUs</b>	<b><math>Q_{RII}</math></b>	<b><math>L_{RII}</math></b>	<b><math>T_{RII}</math></b>
<b>F8</b>	74	82	80	<b>F33</b>	76	81	83
<b>F9</b>	77	85	90	<b>F34</b>	73	81	80
<b>F10</b>	75	85	86	<b>F35</b>	87	75	80
<b>F11</b>	86	87	83	<b>F36</b>	81	89	93
<b>F12</b>	73	81	78	<b>F37</b>	73	80	79
<b>F13</b>	85	81	80	<b>F38</b>	80	88	90
<b>F14</b>	51	61	53	<b>F39</b>	89	82	87
<b>F15</b>	73	81	78	<b>F40</b>	73	81	80
<b>F16</b>	75	84	88	<b>F41</b>	73	81	80
<b>F17</b>	75	81	87	<b>F42</b>	79	86	92
<b>F18</b>	80	87	95	<b>F43</b>	74	81	82
<b>F19</b>	92	89	98	<b>F44</b>	78	86	89
<b>F20</b>	91	84	89	<b>F45</b>	78	86	90
<b>F21</b>	83	93	88	<b>F46</b>	74	83	85
<b>F22</b>	78	86	87	<b>F47</b>	80	86	90
<b>F23</b>	73	80	80	<b>F48</b>	81	89	95
<b>F24</b>	88	80	85	<b>F49</b>	74	82	83
<b>F25</b>	68	74	73	<b>F50</b>	76	87	88

## 4.3 Análise de Resultados

### 4.3.1 Aplicação do modelo

A ferramenta informática utilizada para a aplicação do modelo e variáveis anteriormente indicadas é o DEAOS. Este pode ser utilizado através de um navegador com acesso à internet no [www.deaos.com](http://www.deaos.com). É gratuito para um aplicação básica, possibilitando a extensão paga para obter alguns extras, tais como o aumento do número de *inputs* e *outputs* e um maior número de DMUs possíveis de avaliar.

São vários os resultados obtidos através da aplicação do DEAOS:

- Pontuações de eficiência de cada DMU;
- DMUs eficientes e ineficientes;
- Folgas para cada variável contemplada no modelo;
- *Benchmarking* entre DMUs;
- Valores-meta a atingir para as DMUs se tornarem eficientes.

#### 4.3.1.1 Caso I: Avaliação Externa

##### Eficiência e ineficiência das DMUs

Utilizando os dados da tabela 4.5, o primeiro resultado proporcionado pelo DEAOS são as pontuações de eficiência de cada DMU. Ao aplicar o modelo BCC orientado para o *output*, as pontuações obtidas refletem as eficiências puramente técnicas, pois o modelo permite rendimentos à escala variável. As pontuações e respectivas folgas para este caso estão apresentados na tabela 4.7.

**Tabela 4.7 – Pontuações de eficiência e respectivas folgas para cada DMU aplicando o caso I**

DMUs	$\phi^*$ (%)	$s_{VC}^*$ (€)	$s_{D\&B}^*$	$s_{NME}^*$	$s_{Q_{RI}}^{+*}$	$s_{L_{RI}}^{+*}$	$s_{T_{RI}}^{+*}$
<b>F1</b>	0,90	-3.943.196,00	0	-36,87	0,17	0	0,21
<b>F9</b>	0,78	-35.683,70	-1,21	-16,40	0,12	0	0
<b>F16</b>	0,85	-48.458,09	-3,00	-23,30	0	0,30	0,26
<b>F32</b>	1	0	0	0	0	0	0
<b>F10</b>	0,98	-113.189,60	-2,00	-26,67	0	0,41	0,65
<b>F26</b>	1	0	0	0	0	0	0
<b>F8</b>	1	0	0	0	0	0	0
<b>Média</b>	0,93	-	-	-	-	-	-

As DMUs F32, F26 e F8 têm uma eficiência de uma unidade e as respectivas folgas são nulas. Pelo que são consideradas eficientes de acordo com modelo BCC com orientação para o *output*, e são as que apresentam melhor desempenho dentro do grupo em análise.

As DMUs eficientes cujas folgas, em que os *inputs* e os *outputs* não são nulos, são denominadas por DMUs de “eficiência fraca”. Na análise das folgas resultantes da aplicação do modelo, verifica-se que nenhuma das DMUs consideradas eficientes têm folgas não nulas associadas, pelo que nenhuma DMU é considerada “eficiente fraca”.

As DMUs F1, F9, F16 e F10 têm uma eficiência inferior a 1, pelo que são consideradas DMUs ineficientes. Estas podem reduzir a sua ineficiência através de um aumento proporcional dos seus *outputs*.

A eficiência média das DMUs do caso I é de 93%, uma pontuação alta que dá a informação que a maioria das DMUs são eficientes ou estão próximas de o ser.

##### Fontes de ineficiência

A determinação das folgas é importante para identificar fontes de ineficiência das DMUs, já identificadas como ineficientes. Ao utilizar o método DEA com orientação para o *output*, a projeção de unidades eficientes na fronteira produtiva é conseguida através do aumento dos *outputs*, isto para um determinado

nível de *inputs*. Deste modo é possível reconhecer especificamente situações de utilização de recursos em excesso e/ou déficit de resultados.

De acordo com a tabela 4.7, todas as DMUs ineficientes apresentam folgas a nível dos *outputs* e *inputs*, o que por sua vez implica que o aumento proporcional dos *outputs* não é suficiente para tornar a DMU eficiente. Isto é, derivado à existência de um déficit de resultados de um (ou vários) *output(s)* que de forma particular contribuíram para a respetiva ineficiência da DMU, e que o uso excessivo dos *inputs* também contribui.

Todas as DMUs ineficientes possuem folgas associadas ao  $VC_R$  e ao  $NME_R$ , o que conclui que a organização tem um nível alto de compra e encomendas para com todos os fornecedores que não são eficientes. Como também três dos quatro fornecedores ineficientes, possuem o indicador  $D\&B_R$  alto – nível 3 ou nível 4 – o que segundo a entidade, estes fornecedores têm um maior potencial de falha, representando assim uma fonte de ineficiência para a organização.

Segundo a avaliação realizada pelos clientes, e para além dos aumentos dos serviços em proporcionalidade de acordo com as pontuações de eficiência, pelo menos dois dos três parâmetros de serviço avaliados os fornecedores terão de fazer melhorias. O fornecedor 9 exclui-se dessa lista porque apenas necessita de melhorar um parâmetro. No parâmetro  $Q_{R_I}$  é imprescindível aumentar a qualidade dos serviços prestados no futuro, para o parâmetro  $L_{R_I}$  é necessário diminuir prazos de execução dos serviços e/ou fornecimento de produtos e, para o parâmetro  $T_{R_I}$  é essencial desenvolver um conhecimento tecnológico mais amplo e diverso.

A DMU F1 deve, no geral, aumentar proporcionalmente os seus *outputs*, particularmente, os parâmetros  $Q_{R_I}$  e  $T_{R_I}$  que apresentam folgas não nulas. Simultaneamente, é necessário reduzir os *inputs*  $VC_R$  e  $NME_R$ . Esta situação pode parecer contraditória, mas reforça a ideia de que a DMU F1 está a utilizar de forma excessiva os seus *inputs*, relativamente aos *outputs* produzidos.

Para as DMUs F9, F10 e F16 a situação é semelhante à descrita para a DMU F1. No geral, devem aumentar proporcionalmente os seus *outputs*, mas em particular, nas DMUs F10 e F16 é imprescindível aumentar os parâmetros  $L_{R_I}$  e  $T_{R_I}$  pois, possuem folgas associadas e na DMU F9 aumentar o parâmetro  $Q_{R_I}$ . Em simultâneo, devem reduzir todos os *inputs* ( $VC_R$ ,  $NME_R$  e  $D\&B_R$ ), pois estão a ser utilizados de forma excessiva.

### Definição dos valores-meta

Para além dos resultados descritos acima, o método DEA também fornece com rigor valores-meta de eficiência para *inputs* e *outputs*. E este facto torna o DEA muito útil para qualquer organização. Observando as fontes de ineficiência já discutidas, é possível quantificar quanto uma DMU deve aumentar os seus *outputs* ou diminuir os seus *inputs*, para que se torne eficiente.

A DMU F1 para além de ter de aumentar os seus serviços nos parâmetros  $Q_{R_I}$ ,  $L_{R_I}$  e  $T_{R_I}$  em 10%, tem ainda de aumentar, em média, 0,17 pontos a sua avaliação  $Q_{R_I}$  e 0,21 pontos  $L_{R_I}$ , numa escala que varia entre 1 a 5 pontos. De denotar que, apesar da avaliação dada pelos clientes ser com números inteiros, os valores inseridos no modelo, em ambos os casos, são valores obtidos através da média aritmética de todas as avaliações auferidas para cada parâmetro. Pelo que, todos os valores referentes aos *outputs* também são valores médios. Deste modo, conhecendo o valor da eficiência do *output* atual e da folga, determinam-se os valores-meta a atingir aplicando a expressão (2.16) referente às metas de *outputs*.

Os valores a serem atingidos pela DMU F1 no que diz respeito a  $Q_{R_I}$ ,  $L_{R_I}$  e  $T_{R_I}$  são apresentadas através da aplicação da expressão (3.10).

$$\left(\hat{y}_{Q_{R_I}}\right) = (1,10 \times 4 + 0,17) = 4,60$$

$$\left(\hat{y}_{L_{R_I}}\right) = (1,10 \times 4,06) = 4,50$$

$$\left(\hat{y}_{T_{R_I}}\right) = (1,10 \times 4,09 + 0,21) = 4,74$$

Ou seja, a DMU F1 deve aumentar as suas avaliações, a nível qualitativo para 4,60 pontos, a nível logístico para 4,50 pontos e a nível tecnológico para 4,74 pontos. Estes valores correspondem a um aumento de 10% segundo o valor de eficiência mais o valor das folgas apresentadas na tabela 4.7. Na prática estes valores-meta implicam algumas melhorias na qualidade dos serviços a prestar futuramente aos clientes, tais como a diminuição dos prazos de execução dos serviços e/ou fornecimento de produtos e desenvolvimento do conhecimento tecnológico mais amplo e diverso. A curto prazo estes valores-meta podem ser difícil de alcançar pois implicam, por exemplo, formação dos técnicos para ampliar os seus conhecimentos, melhoria dos processos de acompanhamento e proximidade para com o cliente, desenvolvimento de um melhor



sistema logístico que permite uma diminuição em prazos de entrega, melhoria na compreensão do pretendido pelo cliente para corresponder de um modo mais eficiente à expectativa do cliente, entre outros.

Adicionalmente, a ineficiência da DMU F1, também é derivada à utilização excessiva dos recursos associados. Em que ao valor atual de *input* subtrai-se o respetivo valor da folga. Os valores-meta a atingir para as variáveis  $VC_R$  e  $NME_R$  são calculados pela aplicação da expressão (3.11).

$$(\hat{x}_{VC_R}) = 4.007.710,51\text{€} - 3.943.196,00\text{€} = 64.514,91\text{€}$$

$$(\hat{x}_{NME_R}) = 71,20 - 36,87 = 34,33 \text{ encomendas}$$

Isto é, a organização deve reduzir para a DMU F1 o seu  $VC_R$  para 64.514,91€ e o  $NME_R$  para 34,33 encomendas.

É possível estabelecer valores-meta para todas as variáveis de cada DMU seguindo o mesmo raciocínio. Os valores obtidos através da ferramenta informática DEAOS estão representados na tabela 4.8.

**Tabela 4.8 – Valores meta dos inputs e outputs para cada DMU no caso I**

<b>DMUs</b>	<b><math>VC_M</math> (€)</b>	<b><math>D\&amp;B_M</math></b>	<b><math>NME_M</math></b>	<b><math>Q_{M_I}</math></b>	<b><math>L_{M_I}</math></b>	<b><math>T_{M_I}</math></b>
<b>F1</b>	64.514,91	1	34,33	4,60	4,50	4,74
<b>F9</b>	198.428,28	2	39,04	4,52	4,37	4,95
<b>F16</b>	64.514,91	1	34,33	4,60	4,50	4,74
<b>F32</b>	50.249,02	2	18,30	4,50	3,67	4,50
<b>F10</b>	64.514,91	1	34,33	4,60	4,50	4,74
<b>F26</b>	64.514,91	1	34,33	4,60	4,50	4,74
<b>F8</b>	234.111,98	2	40,29	4,50	4,33	5,00

De denotar, que as DMUs eficientes conservam os seus valores originais como seria expectável, contudo estes dados são apenas um diagnóstico que, devem ser utilizados pela organização para definir estratégias realistas para colmatar as fontes de ineficiência.

Em suma, para o fornecedor 1 se tornar eficiente, a organização deve diminuir o seu volume de compra em aproximadamente 3,9 milhões de euros e 37 encomendas ao longo do tempo. Requerendo assim a que este aumente em 10% a avaliação dos seus serviços respeitante aos parâmetros qualidade, logística e tecnologia. Como também deverá aumentar as folgas referentes à qualidade e tecnologia, em 0,17 e 0,21 pontos

respetivamente. Este aumento, na prática, corresponde a apresentar perante o cliente uma maior qualidade nos serviços a prestar futuramente, uma diminuição nos prazos de entrega e um maior e diverso conhecimento tecnológico como o objetivo de atingir um valores-meta das avaliações de 4,60 pontos a nível qualitativo, 4,50 a nível logístico e 4,74 a nível tecnológico. Esta redução implica uma maior eficiência, logo um menor risco para a organização.

No respeitante às DMUs F9, F10 e F16 o cenário referente aos *inputs*  $VC_R$  e  $NME_R$  é o mesmo que para a DMU F1, isto é, deve existir uma diminuição dos valores das folgas da tabela 4.7, em relação aos valores atuais, que correspondem aos valores-meta apresentados na tabela 4.8. Os três fornecedores necessitam de diminuir o seu índice  $D\&B_R$ , para valores iguais ou inferiores a 2, que apenas é conseguindo através da diminuição das variáveis consideradas no modelo da empresa D&B. A título de exemplo dessas variáveis, como já foi mencionado anteriormente, são as variáveis demográficas (antiguidade, número de empregados, compras ao mercado, etc.), as suas situações contributivas, entre outras. Os valores dos *outputs* que as DMUs devem aumentar são: a DMU F9 deve aumentar os seus *outputs* em 22%, no global e, deve ainda aumentar, o nível qualitativo dos seus serviços em 0,12 pontos. As DMU F10 e F16 devem aumentar os seus *outputs* em 2% e 15%, respetivamente, e ainda os níveis logísticos e tecnológicos.

### ***Benchmarking***

A eficiência obtida é relativa pois é dependente das DMUs consideradas eficientes. A tabela 4.9 representa as DMUs consideradas como *benchmarks*, isto é como referência para outras DMUs, e o número de vezes que foram consideradas como tal.

**Tabela 4.9 – Benchmarks de referência para DMUs ineficientes do caso I**

<b>DMUs</b>	<b>DMUs <i>Benchmark</i></b>	<b>Utilizações como <i>Benchmark</i></b>
<b>F32</b>	F32	1
<b>F26</b>	F26	5
<b>F8</b>	F8	2

É complicado, na maioria das vezes, para uma organização saber de que forma pode melhorar sua eficiência através de ações concretas. Uma das vantagens do método aplicado é o facto de permitir às empresas ineficientes basearem-se nas práticas de gestão das empresas consideradas eficientes como referência. Assim, as DMUs ineficientes têm referências nos seus processos de melhoria contínua para se tornarem eficientes, absorvendo informações que as levem a atingir as suas metas. Para DMUs eficientes são

consideradas *benchmarks* elas próprias. Na tabela 4.10 são apresentadas as DMUs consideradas como *benchmarks* das DMUs ineficientes e a respetiva contribuição  $\lambda_j$ .

**Tabela 4.10 – Benchmarks para cada DMU ineficiente no caso I**

DMUs Ineficientes	<i>Benchmarks</i>	
	DMUs Eficientes	$\lambda_j$
<b>F1</b>	F26	1
<b>F9</b>	F8	0,79
	F26	0,21
<b>F16</b>	F26	1
<b>F10</b>	F26	1

Quanto maior o valor de  $\lambda_j$ , maior a contribuição da DMU eficiente como *benchmark* para uma DMU ineficiente.

Para as DMUs F1, F16 e F10 a *benchmark* é a DMU F26, enquanto para a DMU F9 são as DMUs F8 e F26. O que significa que para a DMU F9 se tornar eficiente, deve utilizar uma combinação das DMU F8 e da DMU F26. Sendo que a DMU F8 é o *benchmark* mais importante para a DMU F9, como é sugerido pelo valor de  $\lambda_j$ .

A DMU F26 é considerada um *benchmark* para todas as unidades ineficientes, pelo que deve ser considerada um exemplo de boa gestão para as mesmas e para a organização. Ou seja, o fornecedor 26 deve ser considerado como um exemplo para os restantes fornecedores dentro do tipo de serviço que apresenta e, para a organização, um fornecedor que comporta um menor risco, ou porque tem mais efeitos positivos, ou mais frequentemente cumpre os objetivos para com a organização.

#### **4.3.1.2 Caso II: Avaliação Interna**

Antes de iniciar o estudo, para efeitos de escala e para uma maior facilidade de comparação de valores é possível, devido à paridade existente entre os valores das avaliações, fazer uma equivalência. Sendo que as avaliações dos GPs contemplam valores de 0 a 100 pontos e no sistema avaliativo dos ISC valores entre 1 a 5 pontos, através de uma proporcionalidade direta entre os parâmetros referidos obtém-se o nível de equivalência como representado na expressão (4.1).

$$\begin{aligned}
& 100 \text{ pontos } Aval_{ADF} \longrightarrow 5 \text{ pontos } Aval_{ISC} \\
& Aval_{ADF_n} \text{ pontos } Aval_{ADF} \longrightarrow z_n \text{ pontos } Aval_{ISC} \\
& z_n = \frac{Aval_{ADF_n} * 5}{100}
\end{aligned} \tag{4.1}$$

Na tabela 4.11 são apresentados os *outputs* segundo a equivalência expressão (4.1) através da escala de ISCs, decorrente dos dados apresentados na tabela 4.6.

**Tabela 4.11 – Outputs para o caso II à escala das avaliações ISCs**

DMUs	$Q_{RII}$	$L_{RII}$	$T_{RII}$	DMUs	$Q_{RII}$	$L_{RII}$	$T_{RII}$
<b>F1</b>	4,30	3,6	4,3	<b>F26</b>	3,75	4,3	4,3
<b>F2</b>	4,25	4,1	3,85	<b>F27</b>	3,9	4,25	4,25
<b>F3</b>	3,65	4,05	4,15	<b>F28</b>	3,2	3,8	3,35
<b>F4</b>	3,65	4	4	<b>F29</b>	3,8	4,2	4,15
<b>F5</b>	3,60	3,65	3,9	<b>F30</b>	4,05	4,4	4,65
<b>F6</b>	3,65	4,05	4,1	<b>F31</b>	3,9	4,35	4,5
<b>F7</b>	4,65	4,55	4,75	<b>F32</b>	3,9	4,35	4,5
<b>F8</b>	3,70	4,1	4	<b>F33</b>	3,8	4,05	4,15
<b>F9</b>	3,85	4,25	4,5	<b>F34</b>	3,65	4,05	4
<b>F10</b>	3,75	4,25	4,3	<b>F35</b>	4,35	3,75	4
<b>F11</b>	4,30	4,35	4,15	<b>F36</b>	4,05	4,45	4,65
<b>F12</b>	3,65	4,05	3,9	<b>F37</b>	3,65	4	3,95
<b>F13</b>	4,25	4,05	4	<b>F38</b>	4	4,4	4,5
<b>F14</b>	2,55	3,05	2,65	<b>F39</b>	4,45	4,1	4,35
<b>F15</b>	3,65	4,05	3,9	<b>F40</b>	3,65	4,05	4
<b>F16</b>	3,75	4,2	4,4	<b>F41</b>	3,65	4,05	4
<b>F17</b>	3,75	4,05	4,35	<b>F42</b>	3,95	4,3	4,6
<b>F18</b>	4	4,35	4,75	<b>F43</b>	3,7	4,05	4,1
<b>F19</b>	4,6	4,45	4,9	<b>F44</b>	3,9	4,3	4,45
<b>F20</b>	4,55	4,2	4,45	<b>F45</b>	3,9	4,3	4,5
<b>F21</b>	4,15	4,65	4,4	<b>F46</b>	3,7	4,15	4,25
<b>F22</b>	3,9	4,3	4,35	<b>F47</b>	4	4,3	4,5
<b>F23</b>	3,65	4	4	<b>F48</b>	4,05	4,45	4,75
<b>F24</b>	4,4	4	4,25	<b>F49</b>	3,7	4,1	4,15
<b>F25</b>	3,4	3,7	3,65	<b>F50</b>	3,8	4,35	4,4

### Eficiência e ineficiência das DMUs

Repetindo o estudo feito no caso I, agora utilizando os dados da tabela 4.4 e 4.11, novamente o primeiro resultado que a ferramenta informática fornece é as pontuações de eficiência associada a cada DMU, sendo estas apresentados na tabela 4.12, como também o respetivo valor das folgas.

**Tabela 4.12 - Pontuações de eficiência e respetivas folgas para cada DMU aplicando o caso II**

DMUs	$\phi^*$ (%)	$s_{VC}^-$ (€)	$s_{D\&B}^-$	$s_{NME}^-$	$s_{Q_{RII}}^+$	$s_{L_{RII}}^+$	$s_{T_{RII}}^+$
F1	0,92	-3.744.388,26	0	-58,60	0	0,66	0,10
F2	0,97	-793.043,38	-0,57	0	0	0	0,42
F3	0,91	-678.443,62	0	0	0,03	0	0,12
F4	0,88	-319.221,35	0	0	0,02	0	0
F5	0,82	-255.687,51	-0,90	0	0	0	0
F6	0,89	-215.999,92	-0,26	0	0,20	0	0
F7	1	0	0	0	0	0	0
F8	0,89	-100.368,81	-0,31	-35,06	0,13	0	0
F9	0,94	-8.164,29	-1,21	-44,11	0,54	0	0
F10	0,93	0	-1,36	-52,79	0,42	0	0
F11	0,97	0	0	-26,28	0	0	0,41
F12	0,89	-120.540,84	0	0	0	0	0,22
F13	0,93	0	0	0	0	0,02	0,37
F14	1	0	0	0	0	0	0
F15	0,87	-5.899,03	-0,17	-2,15	0,06	0	0
F16	0,93	0	-1,06	-50,61	0,45	0	0
F17	0,98	-64.612,77	0	0	0,47	0,07	0
F18	1	-78.619,76	-1,90	0	0,07	0,09	0
F19	1	0	0	0	0	0	0
F20	1	0	0	0	0	0	0
F21	1	0	0	0	0	0	0
F22	0,94	0	-1,26	-26,49	0,17	0	0
F23	0,88	0	0	-4,65	0	0	0
F24	0,97	0	0	0	0	0,14	0,19
F25	0,82	-24.198,51	-0,10	0	0	0	0,12
F26	0,96	0	0	-25,43	0,22	0	0,20
F27	0,94	0	0	-3,14	0	0	0
F28	0,83	0	-2,00	-25,84	0,26	0	0,49

**Tabela 4.12 - Pontuações de eficiência e respectivas folgas para cada DMU aplicando o caso II (continuação)**

DMUs	$\phi^*$ (%)	$s_{VC}^*$ (€)	$s_{D\&B}^*$	$s_{NME}^*$	$s_{Q_{RII}}^{+*}$	$s_{L_{RII}}^{+*}$	$s_{T_{RII}}^{+*}$
F29	0,92	0	-0,92	-2,37	0	0	0,04
F30	0,98	0	0	-0,23	0,03	0	0
F31	0,96	0	0	-21,38	0,09	0	0
F32	0,97	0	0	-16,72	0,08	0	0
F33	0,92	-17.102,79	-1,19	0	0	0	0,11
F34	0,90	-12.456,72	0	0	0,02	0	0,23
F35	0,97	0	-2,41	-2,50	0	0,31	0,34
F36	1	0	0	0	0	0	0
F37	0,95	-2.511,43	0	0	0,47	0	0,29
F38	0,98	0	-0,94	-7,60	0	0	0,06
F39	1	0	0	0	0	0	0
F40	1	0	0	0	0	0	0
F41	0,90	0	0	-0,49	0,02	0	0,25
F42	0,97	0	-0,71	-1,48	0,04	0	0
F43	0,91	0	-0,03	0	0	0	0,17
F44	0,96	0	0	-4,10	0	0	0,08
F45	0,96	0	-2,00	-42,62	0	0	0,03
F46	0,93	0	-2,00	-5,78	0,08	0	0,18
F47	0,98	0	-0,07	-13,12	0	0,04	0,13
F48	1	0	0	0	0	0	0
F49	0,93	0	-0,59	-0,26	0	0	0,20
F50	1	0	0	0	0	0	0
Média	0,94						

Os resultados obtidos indicam a existência de 11 DMUs eficientes F7, F14, F18, F19, F20, F21, F36, F39, F40, F48 e F50, sendo as restantes 39 DMUs ineficientes. No entanto, é possível concluir que a DMU F18 é “eficiente fraca” pois algumas das suas folgas não são iguais a zero. DMUs de “eficiência fraca” indicam que se encontram na fronteira de produtividade, mas que ainda podem existir melhorias dos *inputs* e *outputs* considerados.

As restantes 10 DMUs são portanto as que com melhor desempenho do grupo de análise. A eficiência média das DMUs do caso II é de 94%, uma pontuação elevada como no caso I, que indica que a maioria das DMUs são eficientes, ou estão próximas de o ser.

### Fontes de ineficiência

É possível verificar a nível dos *inputs* que 16 DMUs ineficientes em 50 possuem folgas associadas ao parâmetro  $VC_R$ , 22 DMUs possuem folgas no parâmetro  $D\&B_R$  e 25 DMUs possuem folgas no parâmetro  $NME_R$ . Isto indica que, de uma forma aproximada, metade das DMUs estudadas tem folga nos parâmetros  $D\&B_R$  e  $NME_R$  e aproximadamente 1/3 das DMUs tem folga no parâmetro  $VC_R$ , o que revela números elevados para os recursos atualmente utilizados. As folgas associadas ao  $VC_R$  e  $NME_R$  concluem que a organização tem um nível alto de compras e encomendas para a maioria dos fornecedores que são caracterizados como ineficientes e que possuem o indicador  $D\&B_R$  alto.

Relativamente aos *outputs* 21 DMUs ineficientes, em 50, possuem folgas associadas ao parâmetro  $Q_{RII}$ , 7 possuem folgas no parâmetro  $L_{RII}$  e 23 possuem folgas no parâmetro  $T_{RII}$ . Novamente, aproximadamente metade das DMUs estudadas tem folga nos parâmetros  $Q_{RII}$  e  $T_{RII}$ , e apenas sete de um universo de 50 fornecedores estão tangentes no campo  $L_{RII}$ . Desta forma, revela números elevados, por parte de  $Q_{RII}$  e  $T_{RII}$ , para os *outputs* atuais. De acordo com os GPs, os parâmetros de serviço avaliados no presente estudo, 39 dos fornecedores têm de fazer melhorias nos seus serviços a nível qualitativo, logístico e/ou tecnológico, o que representa um universo de mais de 50% dos fornecedores, com que a organização mantém relações negociais.

A maioria das DMUs deste caso também apresentam folgas a nível de *inputs* e a nível dos *outputs*. Isto implica novamente, que o aumento proporcional dos *outputs* não é suficiente para tornar as DMUs eficientes, devido à existência de um défice de resultados de um (ou vários) *output(s)* em particular que contribuem também para a sua ineficiência, e que os *inputs* são utilizados em excesso. As DMUs F1 e F18 são dois exemplos de DMUs ineficientes que têm folgas em ambos os tipos de parâmetros (*inputs* e *outputs*):

- DMU F1 – A DMU F1 necessita de aumentar proporcionalmente os seus *outputs*, particularmente, os parâmetros  $L_{RII}$  e  $T_{RII}$  uma vez que, apresenta folgas não nulas nos respetivos parâmetros. Simultaneamente, a organização deve reduzir os *inputs*  $VC_R$  e  $NME_R$ , pois a existência de folgas associadas e indica que a DMU F1 está a utilizar de forma excessiva os seus *inputs*, relativamente aos *outputs* produzidos.
- DMU F18 – O exemplo da DMU F18 é muito semelhante ao da DMU F1, mas com outras variáveis a serem colocadas em causa. Sendo que é necessário também aumentar os *outputs* proporcionalmente, em particular os parâmetros  $Q_{RII}$  e  $L_{RII}$ , uma vez que também apresentam folgas não nulas. Em simultâneo, é imprescindível a redução os *inputs*  $VC_R$  e  $D\&B_R$ .

### Definição dos valores-meta

A DMU F1 para além de ter de aumentar os seus serviços a nível de  $Q_{RII}$ ,  $L_{RII}$  e  $T_{RII}$  em 8%. Deve ainda aumentar os parâmetros, em média: 0,66 pontos para  $L_{RII}$  e 0,10 pontos para  $T_{RII}$ , numa escala compreendida entre 1 a 5 pontos. Em termos de valores-meta, as avaliações da DMU F1, necessitam de atingir valores iguais a 4,65 pontos em  $Q_{MII}$ , 4,55 pontos em  $L_{MII}$  e 4,75 pontos em  $T_{MII}$ .

Isto é, a DMU F1 deve aumentar as suas avaliações, a nível qualitativo para 4,65 pontos, a nível logístico para 4,55 pontos e a nível tecnológico para 4,75 pontos, que correspondem ao um aumento de 8% segundo a pontuação de eficiência mais o valor das folgas apresentadas na tabela 4.12. Novamente, a prática destes valores-meta implica melhorias nos serviços a prestar futuramente e, que a curto prazo podem não ser viáveis, pelas mesmas razões explicadas no caso I.

Todos estes valores, são obtidos pelas expressões (2.15) e (2.16) referente às metas de *inputs* e *outputs*, que a sua aplicação já foi demonstrada no caso anterior. A ferramenta informática utilizada permite a obter esses valores-meta para todas as DMUs e estão contemplados na tabela 4.13.

**Tabela 4.13 – Valores meta de inputs e outputs para cada DMU para o caso II**

DMUs	$VC_M$ (€)	$D\&B_M$	$NME_M$	$Q_{MII}$	$L_{MII}$	$T_{MII}$
F1	263.322,25	1,00	12,60	4,65	4,55	4,75
F2	46.443,88	1,43	2,20	4,40	4,24	4,40
F3	26.705,41	2,00	0,40	4,06	4,48	4,71
F4	76.222,04	2,00	2,67	4,19	4,57	4,57
F5	65.998,67	3,10	4,90	4,40	4,46	4,77
F6	74.982,37	2,74	4,00	4,31	4,56	4,62
F7	263.322,25	1,00	12,60	4,65	4,55	4,75
F8	133.743,17	1,69	5,23	4,30	4,62	4,51
F9	216.140,45	1,79	11,33	4,64	4,52	4,79
F10	177.704,52	1,64	8,21	4,46	4,58	4,63
F11	169.348,20	1,00	10,32	4,43	4,48	4,68
F12	45.502,13	2,00	1,00	4,10	4,54	4,59
F13	127.828,22	2,00	7,44	4,57	4,37	4,67
F14	118.108,03	1,00	0,40	2,55	3,05	2,65
F15	109.330,72	1,83	3,85	4,24	4,63	4,46
F16	112.973,00	2,94	7,02	4,48	4,52	4,74



**Tabela 4.13 – Metas de *inputs* e *outputs* para cada DMU para o caso II (continuação)**

<b>DMUs</b>	<b><math>VC_M</math> (€)</b>	<b><math>D\&amp;B_M</math></b>	<b><math>NME_M</math></b>	<b><math>Q_{M_{II}}</math></b>	<b><math>L_{M_{II}}</math></b>	<b><math>T_{M_{II}}</math></b>
<b>F17</b>	37.001,27	1,00	4,10	4,31	4,22	4,46
<b>F18</b>	22.840,40	2,10	0,56	4,08	4,45	4,75
<b>F19</b>	84.851,98	4,00	7,80	4,60	4,45	4,90
<b>F20</b>	81.651,00	2,00	48,00	4,55	4,20	4,45
<b>F21</b>	76.830,00	2,00	2,00	4,15	4,65	4,40
<b>F22</b>	75.318,45	2,74	4,01	4,31	4,56	4,61
<b>F23</b>	70.728,12	2,00	2,35	4,17	4,57	4,57
<b>F24</b>	70.511,50	2,00	8,22	4,52	4,25	4,56
<b>F25</b>	45.140,30	1,90	1,10	4,13	4,50	4,56
<b>F26</b>	64.514,91	1,00	8,90	4,11	4,46	4,66
<b>F27</b>	58.329,92	2,00	2,56	4,17	4,54	4,54
<b>F28</b>	55.918,54	2,00	1,33	4,11	4,58	4,53
<b>F29</b>	55.103,86	2,08	1,53	4,13	4,56	4,56
<b>F30</b>	53.886,54	2,00	2,07	4,15	4,48	4,73
<b>F31</b>	51.027,20	2,00	1,62	4,13	4,51	4,66
<b>F32</b>	50.249,02	2,00	1,58	4,13	4,51	4,66
<b>F33</b>	30.036,80	1,81	0,71	4,14	4,41	4,63
<b>F34</b>	32.970,98	2,00	0,60	4,07	4,50	4,67
<b>F35</b>	43.684,12	1,59	2,90	4,48	4,17	4,46
<b>F36</b>	43.242,49	1,00	8,50	4,05	4,45	4,65
<b>F37</b>	36.859,43	1,00	4,00	4,31	4,22	4,45
<b>F38</b>	36.843,84	2,06	0,90	4,09	4,50	4,66
<b>F39</b>	33.596,97	1,00	1,70	4,45	4,10	4,35
<b>F40</b>	30.303,40	1,00	1,00	3,65	4,05	4,00
<b>F41</b>	30.282,67	2,00	0,51	4,07	4,49	4,68
<b>F42</b>	30.190,80	2,29	1,32	4,13	4,45	4,76
<b>F43</b>	27.997,90	1,97	0,50	4,08	4,47	4,69
<b>F44</b>	26.658,81	2,00	0,40	4,06	4,47	4,71
<b>F45</b>	26.081,12	2,00	0,38	4,06	4,47	4,71
<b>F46</b>	21.024,13	2,00	0,22	4,05	4,46	4,74
<b>F47</b>	20.494,49	1,93	0,28	4,08	4,43	4,72
<b>F48</b>	19.500,00	2,00	0,17	4,05	4,45	4,75
<b>F49</b>	18.659,89	2,41	0,74	4,00	4,43	4,68
<b>F50</b>	15.355,76	4,00	3,00	3,80	4,35	4,40

De denotar que as DMUs eficientes conservam novamente os seus valores originais, como seria expectável.

A ineficiência da DMU F1, assim como no caso I, também é derivado à utilização excessiva dos recursos. Isto é, a organização deve reduzir n F1 o seu  $VC_R$  para 263.322,25€ e o  $NME_R$  para 12,60 encomendas ao longo do tempo.

Para a DMU F18, a relação é ligeiramente diferente pois esta é considerada uma DMU “eficiente fraca”, o que indica que os seus *outputs* não necessitam de aumentar todos proporcionalmente, pois a sua percentagem de eficiência é de 100%. No entanto os seus *inputs* e *outputs* têm folgas associadas. A nível de *outputs*, a DMU F18 deve aumentar 0,07 pontos a sua avaliação em termos qualitativos ( $Q_{RII}$ ) e 0,09 pontos em termos logísticos ( $L_{RII}$ ). Em termos de valores-meta, as avaliações da DMU F18, necessitam de atingir valores iguais a 4,08 pontos na qualidade ( $Q_{RII}$ ) dos serviços a prestar, 4,45 pontos na logística ( $L_{RII}$ ) e 4,75 pontos na tecnologia ( $T_{RII}$ ).

A ineficiência da DMU F18 também é derivada à utilização excessiva dos recursos. Isto é, a organização deve reduzir o seu  $VC_R$  para 22.840,40€ e deve solicitar a redução do seu índice  $D\&B_R$  para 2, que segundo as considerações da empresa, necessita de ter associado um risco reduzido.

Três das DMUs analisadas apresentam folgas apenas nos *inputs*, que são as DMUs F5, F23 e F27. A DMU F5 apresenta folgas a nível de  $VC_R$  e  $D\&B_R$ . Enquanto as DMUs F23 e F27 apenas apresenta folga na variável  $NME_R$ . No entanto, as suas eficiências são de 82% DMU F5, 88% DMU F23 e 94% DMU F27, o que indica que têm de aumentar os seus *outputs* proporcionalmente em 18%, 12% e 6%, respetivamente. Deste modo, a organização deve diminuir, em valor, a relação negocial que tem com o fornecedor 5 e em número com os fornecedores 23 e 27. Além de que tem de requerer ao fornecedor 5 que a sua avaliação  $D\&B_R$  diminua.

Duas das DMUs analisadas também apresentam folgas apenas a nível dos *outputs* – DMUs F13 e F24. Pela lógica já apresentada anteriormente, os *outputs* têm de aumentar proporcionalmente em 7% e 3%, respetivamente, e ambas apresentam folgas a nível logístico ( $L_{RII}$ ) e tecnológico ( $T_{RII}$ ), pelo que a organização deve requerer aos fornecedores 13 e 24, para diminuir os seus prazos logísticos e um aumento tecnológico, para que seja refletido nas avaliações dadas pelos GPs.

Em suma, para o fornecedor 1 se tornar eficiente, a organização deve diminuir o seu volume de compra ( $VC_R$ ) em aproximadamente 3,7 milhões de euros e 59 encomendas ao longo do tempo ( $NME_R$ ), exigindo que este aumente em 8% a avaliação dos seus serviços respeitante aos parâmetros Qualidade ( $Q_{RII}$ ), Logística ( $L_{RII}$ ) e Tecnologia ( $T_{RII}$ ), e o aumento dos níveis de Logística e Tecnologia, em 0,66 e 0,10 pontos, respetivamente. Este aumento corresponde a apresentar perante os gestores de projeto (GPs) um incremento na qualidade dos serviços a prestar futuramente, uma redução nos seus prazos de execução dos serviços/projetos e/ou prazos de fornecimento de material e um maior, e diverso, conhecimento tecnológico. Esta redução de valor envolvido e o aumento das avaliações dos gestores de projeto, através das melhorias feitas pelo fornecedor na prestação de serviços representa, por sua vez, segundo o modelo e os resultados obtidos, uma maior eficiência diminuindo o risco para a organização.

Para o fornecedor 18 se tornar um menor risco para a organização, necessita de melhorar as suas avaliações provenientes dos gestores de projetos apenas a nível qualitativo ( $Q_{RII}$ ) e logístico ( $L_{RII}$ ), em valores consideravelmente pequenos comparativamente às restantes DMUs ineficientes. Este aumento é refletido através de uma melhoria nos seus processos logísticos, de modo a que exista uma diminuição nos prazos de entrega dos seus serviços e/ou fornecimentos de material, e uma melhoria qualitativa na prestação dos seus serviços. Do ponto de vista do gestor de projeto (GP), o fornecedor deve fazer um melhor acompanhamento ao cliente final e assegurar a qualidade dos seus serviços e/ou produtos através de políticas e certificados de qualidade. Outra problemática, associada a este fornecedor, relacionada com os *inputs* excessivos, é o indicador de risco D&B. Segundo o modelo aplicado, o fornecedor não é eficiente pois compreende folga não nula. Segundo o indicador, este fornecedor é considerado de risco elevado (nível 4) e com quem a organização mantém relações negociais. Segundo o valor-meta associado a avaliação  $D\&B_M$ , igual a 2 (risco reduzido), a organização necessita de pressionar o fornecedor de modo a conseguir obter essa redução. No que concerne à organização, esta deve reduzir o seu valor de volume de compra ( $VC_M$ ) associado ao fornecedor para aproximadamente 23 mil euros.

Para os fornecedores 5, 23 e 27 os recursos existentes atualmente, são excessivos do ponto de vista do modelo aplicado. Para o nível de serviço apresentado pelos fornecedores, isto é, pelas avaliações dos gestores de projetos em relação aos seus serviços, o valor de volumes de compra ( $VC_R$ ) é excessivo para o fornecedor 5 na ordem dos 256 mil euros, sendo que o “valor eficiente” que a organização deveria considerar seria de aproximadamente 66 mil euros. Outra questão importante para a organização, e que deverá impor perante o fornecedor 5, é a redução do seu indicador de risco de nível 4 para nível 3, ou seja, de nível elevado para nível moderado. O número médio de encomendas ( $NME_R$ ) também é uma variável a ser considerada para diminuição, mas neste caso para os fornecedores 23 e 27. No que diz respeito ao

fornecedor 23, este valor ronda atualmente as 7 encomendas e deveria diminuir para 2,35 encomendas. Enquanto o fornecedor 27 atualmente ronda as 5,70 encomendas e deveria diminuir para as 2,56 encomendas. Sendo que o valor do volume de compra ( $VC_R$ ) se mantêm, que demonstra que o valor a ser mantido é a quantidade de serviços prestada pelos fornecedores, e que por sua vez deveria ser diminuída, para estes se tornarem eficientes. Relativamente à qualidade ( $Q_{RII}$ ), logística ( $L_{RII}$ ) e tecnologia ( $T_{RII}$ ) dos serviços prestados, nos fornecedores 5, 23 e 27 devem sofrer aumentos proporcionais de 18%, 12% e 6%, respetivamente. Ou seja, corresponde a apresentar perante os gestores de projeto um aumento na qualidade dos serviços a prestar futuramente, a todos os níveis estudados no presente estudo nos valores já referidos anteriormente.

Por último, para os fornecedores 13 e 24, do ponto de vista da organização não necessitam de reduzir qualquer valor associado,  $VC_R$  e  $NME_R$ , ou exigir alguma revisão no índice de risco comercial ( $D\&B_R$ ), pois são coerentes na eficiência e representarem um menor risco para a organização. No entanto, são considerados ineficientes do ponto de vista dos *outputs* existentes. Pelo que as avaliações dos gestores de projetos são consideradas baixas relativamente aos recursos utilizados pela organização. Isto, implica que é necessário um aumento proporcional dos níveis de serviço a nível qualitativo ( $Q_{RII}$ ), logístico ( $L_{RII}$ ) e tecnológico ( $T_{RII}$ ) de 7% para o fornecedor 13 e de 3% para o fornecedor 24, com maior ênfase na logística e tecnologia apresentados. Face aos valores inicialmente apresentados as avaliações dos gestores de projeto devem aumentar para o fornecedor 13, 4,57 pontos na qualidade, 4,37 pontos na logística e 4,67 pontos na tecnologia e para o fornecedor 24, 4,52 pontos, 4,25 pontos e 4,56 pontos, respetivamente. O âmbito de aumento é o mesmo para ambos os fornecedores, apenas com metas de valores diferentes, sendo que implica um aumento na qualidade dos serviços a prestar futuramente, uma diminuição nos seus prazos de execução dos serviços/projetos e/ou diminuição dos prazos de fornecimento de material e um maior e diverso conhecimento tecnológico.

### **Identificação dos *benchmarks* de cada DMU**

A tabela 4.14 representa as DMUs consideradas como *benchmarks* e o número de vezes que foram consideradas como *benchmarks* para o caso II.

**Tabela 4.14 – Benchmarks de referência para DMUs ineficientes do caso II**

<b>DMUs</b>	<b>DMUs <i>Benchmark</i></b>	<b>Utilizações como <i>Benchmark</i></b>
<b>F7</b>	F7	16
<b>F14</b>	F14	1
<b>F19</b>	F19	22
<b>F20</b>	F20	3
<b>F21</b>	F21	29
<b>F36</b>	F36	6
<b>F39</b>	F39	14
<b>F40</b>	F40	1
<b>F48</b>	F48	27
<b>F50</b>	F50	2

O modelo DEA permite que DMUs ineficientes possam ter outras DMUs como referência no processo de melhoria contínua para se tornarem eficientes, absorvendo informações corpóreas que as levem a atingir as suas metas. Para DMUs eficientes são consideradas *benchmarks* elas próprias. Na tabela 4.15 são apresentados os *benchmarks* das DMUs ineficientes e a respectiva contribuição  $\lambda_j$ .

**Tabela 4.15 – Benchmarks para cada DMU ineficiente no caso II**

<b>DMUs Ineficientes</b>	<b><i>Benchmarks</i></b>		<b>DMUs Ineficientes</b>	<b><i>Benchmarks</i></b>	
	<b>DMUs Eficientes</b>	<b><math>\lambda_j</math></b>		<b>DMUs Eficientes</b>	<b><math>\lambda_j</math></b>
<b>F1</b>	F7	1	<b>F26</b>	F7	0,10
<b>F2</b>	F19	0,07		F36	0,90
	F21	0,21	<b>F27</b>	F19	0,07
	F39	0,72		F21	0,54
<b>F3</b>	F21	0,13		F36	0,09
	F48	0,87		F39	0,05
<b>F4</b>	F7	0,09		F48	0,24
	F19	0,05	<b>F28</b>	F21	0,64
	F21	0,54		F48	0,36
	F48	0,32	<b>F29</b>	F19	0,04

Tabela 4.15 – *Benchmarks* para cada DMU ineficiente no caso II (continuação)

DMUs Ineficientes	<i>Benchmarks</i>		DMUs Ineficientes	<i>Benchmarks</i>	
	DMUs Eficientes	$\lambda_j$		DMUs Eficientes	$\lambda_j$
<b>F5</b>	F19	0,58	<b>F30</b>	F21	0,57
	F21	0,14		F48	0,38
	F39	0,05		F7	0,11
	F48	0,23		F19	0,05
<b>F6</b>	F19	0,37	<b>F31</b>	F21	0,08
	F21	0,54		F48	0,76
	F48	0,08		F7	0,06
<b>F8</b>	F7	0,31	<b>F32</b>	F19	0,03
	F21	0,69		F21	0,26
<b>F9</b>	F7	0,74	<b>F33</b>	F48	0,65
	F19	0,26		F7	0,06
<b>F10</b>	F7	0,54		F19	0,03
	F19	0,09		F21	0,26
	F21	0,37		F48	0,65
<b>F11</b>	F7	0,58	<b>F34</b>	F21	0,14
	F36	0,34		F39	0,19
	F39	0,08		F48	0,67
<b>F12</b>	F21	0,45	<b>F35</b>	F21	0,23
	F48	0,55		F48	0,77
<b>F13</b>	F7	0,34	<b>F37</b>	F19	0,20
	F19	0,33		F39	0,80
	F20	0,001	<b>F38</b>	F36	0,34
	F39	0,33		F39	0,66
<b>F15</b>	F7	0,17	<b>F41</b>	F19	0,03
	F21	0,83		F21	0,27
<b>F16</b>	F7	0,17	<b>F42</b>	F48	0,70
	F19	0,56		F21	0,19
	F21	0,27		F48	0,81
<b>F17</b>	F36	0,35	<b>F43</b>	F19	0,15
	F39	0,65		F21	0,02
<b>F18</b>	F19	0,05		F48	0,83
	F48	0,95		F19	0,004

Tabela 4.15 – *Benchmarks* para cada DMU ineficiente no caso II (continuação)

DMUs Ineficientes	<i>Benchmarks</i>		DMUs Ineficientes	<i>Benchmarks</i>	
	DMUs Eficientes	$\lambda_j$		DMUs Eficientes	$\lambda_j$
<b>F22</b>	F19	0,37		F21	0,14
	F21	0,55		F39	0,03
	F48	0,08		F48	0,83
<b>F23</b>	F7	0,07	<b>F44</b>	F21	0,12
	F19	0,04		F48	0,88
	F21	0,54	<b>F45</b>	F21	0,11
	F48	0,35		F48	0,89
<b>F24</b>	F7	0,08	<b>F46</b>	F21	0,03
	F19	0,31		F48	0,97
	F20	0,08	<b>F47</b>	F39	0,07
	F39	0,54		F48	0,93
<b>F25</b>	F21	0,42	<b>F49</b>	F48	0,80
	F39	0,10		F50	0,20
	F48	0,47			

Quanto maior o  $\lambda_j$ , maior a contribuição como *benchmark* da DMU eficiente para que a DMU ineficiente alcance a eficiência.

Utilizando novamente o exemplo da DMUs F1 e F18 as *benchmarks* são as DMU F7, F19 e F48, respetivamente. O que significa que para a DMU F1 se tornar eficiente necessita apenas da DMU F7. Enquanto a DMU F18 necessita de uma combinação da DMU F19 e da DMU F48, sendo que a DMU F48 é o *benchmark* mais importante para a DMU F18, como é sugerido pelo valor de  $\lambda_j$ .

A DMU F48 é considerada um *benchmark* para 29 das DMUs as unidades ineficientes, sendo considerada um dos melhores exemplos de boa gestão para as mesmas. Aplicando o mesmo raciocínio à gestão de risco de fornecedores, o F48 deve ser considerado um exemplo para a organização de um fornecedor, que comporta um menor risco, ou porque tem mais efeitos positivos, isto é, tem um menor impacto negativo, ou mais frequentemente cumpre os objetivos.

#### 4.4 Análise e Discussão dos resultados alcançados

Com a aplicação do modelo DEA na análise da eficiência relativa das DMUs na gestão de risco de fornecedores, vários resultados foram alcançados, contemplando informação rigorosa e relevante de apoio

à decisão da gestão. Detalhar essa informação e a forma como pode ser utilizada para benefício da organização é o objetivo desta subsecção.

Na presente dissertação, optou-se por utilizar o modelo proposto em dois casos distintos porque a validade de um dos casos poder ser colocada em causa, devido à carência de DMUs face ao número de *inputs* e de *outputs* contemplados. A amostra do caso I é constituída por 7 entidades e a do caso II por 50 entidades.

Nos dois casos foram considerados três *inputs*: volume de compra ( $VC_R$ ), número médio de encomendas ( $NME_R$ ) e indicador comercial de risco da Dun & Bradstreet ( $D\&B_R$ ). Sendo que a distinção entre casos é feita a nível dos *outputs*. Para o caso I definiu-se como *outputs* a Qualidade ( $Q_{R_I}$ ), a Logística ( $L_{R_I}$ ) e a Tecnologia ( $T_{R_I}$ ) obtidos através de uma avaliação externa à organização, a dos seus clientes, através de inquéritos de qualidade. Para o caso II foram considerados os mesmos *outputs* ( $Q_{R_{II}}$ ,  $L_{R_{II}}$  e  $T_{R_{II}}$ ) para ser possível uma comparação fidedigna. No entanto esta é realizada através de uma avaliação interna da organização, isto é, através dos seus gestores de projeto (GPs) e também através de um inquérito.

#### **4.4.1 Caso I**

Primeiramente, foram avaliadas as pontuações de eficiência de cada DMU, sendo que a média das pontuações obtida é de 93%. Este valor demonstra a existência de muitas DMUs eficientes, ou muito próximo de o serem, ou seja, perto da pontuação máxima de eficiência. Ao analisar as pontuações de eficiência e as folgas associadas, foi possível verificar que 3 das 7 DMUs são eficientes neste caso. No geral é possível afirmar que as DMUs operam a um bom nível de eficiência, no entanto existe margem para melhoria.

Por outro lado, o DEA proporciona informações sobre as fontes que causam tais ineficiências, o que pode ser útil para os gestores na identificação dos fatores que estão a distanciar a DMU do desempenho ótimo. O contexto deste trabalho é a aplicação do modelo com orientação para o *output*, sendo que as ineficiências estão relacionadas com os valores deficientes de produção, e também com a ineficiência relacionada com a utilização excessiva de um *input*, em particular, ou à fraca produção de um *output*.

Todas as DMUs ineficientes possuem folgas associadas ao Volume de Compra e Número Médio de Encomendas, o que se conclui que a organização tem um nível alto de valor de compra e encomendas para com todos os fornecedores que são menos eficientes. Também 3 dos 4 fornecedores ineficientes, possuem



o indicador de risco comercial alto – risco moderado ou elevado – o que indica que segundo a entidade, este tem um maior potencial de falha, representando assim um maior risco para a organização.

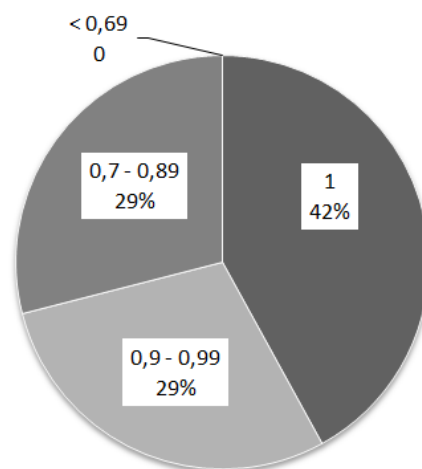
Segundo a avaliação realizada pelos clientes, pelo menos 2 em 3 dos parâmetros de serviço avaliados, os fornecedores têm de fazer melhorias, com exceção do fornecedor 9 que apenas necessita de melhorar um parâmetro. Sendo que para o parâmetro Qualidade (Q) é necessário aumentar a qualidade dos serviços a prestar no futuro, para o parâmetro Logística (L), é necessário diminuir os seus prazos de execução dos serviços/projetos e/ou diminuir os prazos de fornecimento de material e, para o parâmetro Tecnologia (T), necessitam de desenvolver o conhecimento tecnológico mais amplo e diverso.

Na prática estas metas quantitativas, implicam algumas melhorias na qualidade dos serviços a prestar futuramente aos clientes, uma diminuição nos seus prazos de execução dos serviços/fornecimento de material e um maior e diverso conhecimento tecnológico. Estas metas podem ser difíceis de alcançar a curto prazo pois implica, por exemplo, formação dos técnicos para ampliar os seus conhecimentos, melhoria dos processos de acompanhamento e proximidade para com o cliente, desenvolvimento de um melhor sistema logístico que permite uma diminuição em prazos de entrega, melhoria na compreensão do pretendido pelo cliente para corresponder de um modo mais eficiente à expectativa do cliente, entre outros.

Por fim, o DEA identifica o conjunto de *benchmarks* que as unidades ineficientes devem tomar como exemplo para atingir as suas metas e, consequentemente, tornarem-se eficientes. Para as DMUs F1, F16 e F10 a *benchmark* é a DMU F26, enquanto para a DMU F9 são as DMUs F26 e F8, sendo esta última o *benchmark* mais importante para a DMU F9. A DMU F26 é considerada um *benchmark* para todas as unidades ineficientes neste caso, pelo que deve ser considerada um exemplo de boa gestão para as mesmas e para a organização.

A figura 4.1 apresenta a classificação das DMUs por Yang (2009), citado por Trindade (2014), para o caso I, já referido anteriormente no subcapítulo 1.3 denominado por metodologia aplicada.

Grupo	DMUs	Frequência	%
1	F32, F26, F8	3	42
0,9 - 0,99	F1, F10	2	29
0,7 - 0,89	F9, F16	2	29
<0,69	-	0	0
<b>Total</b>		<b>7</b>	<b>100</b>



**Figura 4.1 – Classificação das DMUs por eficiência no caso I**

Sendo possível obter as seguintes conclusões:

- Cerca de 60% das DMUs ou são eficientes, ou pertencem ao grupo de eficiência entre 0,9 e 0,99 caracterizado por principais candidatas a tornarem-se eficientes.
- Cerca de 29% das DMUs pertencem ao grupo de eficiência média, pelo que segundo a classificação aplicada deverão absorver as melhores práticas das DMUs eficientes e conseguir atingir a eficiência a médio prazo.
- Não existem DMUs com eficiências reduzidas, o que é positivo para a organização pois não existe necessidade de implementação de melhores práticas nem de ações corretivas.

#### **4.4.2 Caso II**

Neste caso, a média das pontuações obtida é de 94%, em que novamente conclui-se que este valor também demonstra a existência de muitas DMUs eficientes, ou muito próximo de o serem, e que apesar de operarem a um bom nível de eficiência, existe também margem para melhoria.

Ao analisar as pontuações de eficiência e as folgas associadas, foi possível verificar que 11 das 50 DMUs são eficientes. No entanto, no universo das DMUs analisadas, existe uma DMU de “eficiência fraca” – DMU F18 – significando que apesar de a sua eficiência ser máxima, esta apresenta folgas não nula, o que contempla os casos em que as DMUs se encontram na fronteira de produtividade, mas podem ainda melhorar o seu processo produtivo. Esta DMU é a principal candidata a tornar-se eficiente, uma vez que uma pequena redução nos seus *inputs* e/ou *outputs* pode ser suficiente para a tornar eficiente.

Nenhuma das DMUs do conjunto de eficiência de um caso coincide com o conjunto obtido no outro. No entanto, também é possível verificar que as DMUs eficientes no caso I têm eficiências elevadas no caso II: a DMU F8 com 89%, a DMU F26 com 96% e a DMU F32 com 97%.

No presente caso verifica-se que a nível de *inputs* que 16 DMUs ineficientes em 50 possuem folgas associadas ao parâmetro VC, 22 DMUs possuem folgas no parâmetro D&B e 25 DMUs possuem folgas no parâmetro NME. Aproximadamente metade das DMUs estudadas tem folga nos parâmetros D&B e NME e aproximadamente 1/3 das DMUs tem folga no parâmetro VC, o que revela números elevados para recursos atualmente utilizados. As folgas associadas ao VC e NME concluem que a organização tem um nível alto de valor de compra e encomendas, para grande parte dos fornecedores que são menos eficientes, e que possuem o indicador D&B alto. Desta forma, indica que segundo a entidade, este tem um maior potencial de falha, representando assim um maior risco para a organização.

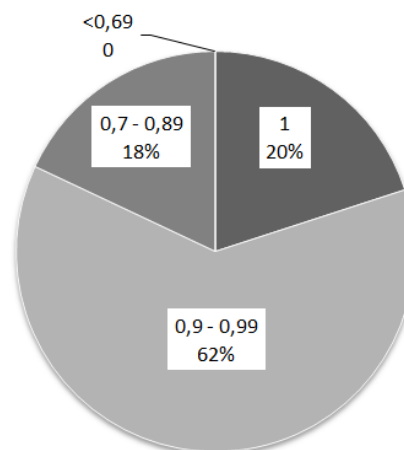
Relativamente aos *outputs* 21 DMUs ineficientes em 50 possuem folgas associadas ao parâmetro Q, 7 possuem folgas no parâmetro L e 23 possuem folgas no parâmetro T. Novamente, aproximadamente metade das DMUs estudadas tem folga nos parâmetros Q e T e apenas 7 de um universo de 50 fornecedores estão tangentes no campo L. Portanto, revela números elevados (por parte de Q e T) para a produção atual, que é considerada escassa. De acordo com os gestores de projetos, dos parâmetros de serviço avaliados no presente estudo, 39 fornecedores têm de fazer melhorias a nível qualitativo, logístico ou tecnológico, o que representa um universo de mais de 50% dos fornecedores com que a organização mantém relações negociais.

Novamente estas metas quantitativas, implicam algumas melhorias na qualidade dos serviços a prestar futuramente aos clientes, uma diminuição nos seus prazos de execução dos serviços/fornecimento de material e um maior e diverso conhecimento tecnológico.

Por fim, no exemplo da DMUs F1 a *benchmark* é DMU F7, enquanto a DMU F18 necessita de uma combinação das DMUs F19 e F48. A DMU F48 é considerada um *benchmark* para 29 das DMUs as unidades ineficientes, sendo considerada um dos melhores exemplos de boa gestão para as mesmas.

Segundo a classificação de Yang (2009), a figura 4.2 apresenta a classificação das DMUs para o caso II.

Grupo	DMUs	Frequência	%
1	F7, F14, F19, F20, F21, F36, F39, F40, F48, F50	10	20
0,9 - 0,99	F34, F41, F3, F43, F33, F29, F1, F49, F10, F16, F13, F46, F27, F9, F22, F37, F44, F45, F26, F31, F32, F42, F2, F11, F35, F24, F17, F38, F47, F30, F18*	31	62
0,7 - 0,89	F5, F25, F28, F15, F4, F23, F8, F6, F12	9	18
< 0,69	-	0	0
Total		50	100



**Figura 4.2 - Classificação das DMUs por eficiência no caso II**

Para o caso II é possível obter as seguintes conclusões:

- Cerca de 80% das DMUs ou são eficientes ou pertencem ao grupo de eficiência entre 0,9 e 0,99 caracterizado por principais candidatas a tornarem-se eficientes.
- Apenas 18% das DMUs pertencem ao grupo de eficiência média, o que implica que devem absorver as melhores práticas das eficientes e conseguir atingir a eficiência a médio prazo.
- Novamente não existem DMUs com eficiências reduzidas, o que é positivo para a organização pois não existe necessidade de implementação de melhores práticas nem de ações corretivas.

#### 4.4.3 Análise comparativa

Os dois casos estudados, embora tivessem os mesmos *inputs*, diferem na forma como são avaliados relativamente aos *outputs*. Como referido, no caso I os *outputs* são obtidos através de uma avaliação externa, enquanto no caso II são obtidos através de uma avaliação interna da organização. Pelo que neste contexto admitiremos que os *outputs* são suficientemente semelhantes para procedermos à discussão comparativa dos dois casos.

No caso I foram obtidas 3 DMUs eficientes, F8, F26 e F32, enquanto no caso II foram 11 DMUs eficientes, F7, F14, F18, F19, F20, F21, F36, F39, F40, F48 e F50, sendo a DMU F18 “eficiente fraca”. Nos dois casos não existe DMUs comuns com eficiência máxima. No entanto, pela análise dos dados obtidos no caso II, as DMUs eficientes no caso I têm eficiências elevadas: F8, F26 e F32 têm eficiências no valor de 89%, 96% e 97% respetivamente.

É possível verificar também que a média aritmética das eficiências de ambos os casos é muito próxima, sendo no caso I de 93% e no caso II de 94%, diferindo apenas de um ponto percentual.

A maioria das DMUs, para os dois casos, tem folgas a nível de *inputs* e a nível de *outputs*, permitindo concluir para ambos os casos, os *outputs* produzidos são escassos e o valor dos *inputs* utilizados são excessivos.

Apesar das eficiências, fontes de ineficiência, valores meta e *benchmarkings* obtidos nos dois casos não coincidirem, é possível verificar, ao longo do estudo e pelas figuras 4.1 e 4.2, que o nível comportamental do modelo em ambos os casos é o mesmo. Ou seja, é possível inferir que a aplicação do modelo DEA no caso I é válido, devido à coerência dos valores obtidos, e no mesmo âmbito para o caso II e as conclusões serem idênticas, alterando os fornecedores e os valores. Nos dois casos estudados:

- Não existem DMUs distintamente ineficientes (< 69%);
- Existe uma diferença percentual de 11% relativamente às DMUs de eficiência média, no entanto continua a ser a segunda categoria com menor número de DMUs;
- As DMUs eficientes e as que variam entre 90% a 99%, constituem os maiores conjuntos de DMUs, sendo a sua totalidade aproximadamente igual a 60% no caso I e 80% no caso II.

A principal diferença entre os dois casos reside na avaliação, em que no caso I é externa e no caso II interna. Sendo que será mais vantajoso para a organização recorrer a valores obtidos para o caso I, uma vez que se trata de uma avaliação externa e do cliente final. Desta forma, existirá uma maior imparcialidade para o fornecedor em causa, como também envolvimento em conceitos como melhoria continua e obviamente relevante para o funcionamento e sobrevivência de qualquer organização.

### **Limitações do estudo**

No desenvolvimento deste trabalho surgiram algumas limitações associadas ao próprio método DEA, à ferramenta informática utilizado e à amostra disponível para análise.

Por exemplo, a nível de dados contemplados no modelo inicialmente pensado apenas considerando a avaliação feita pelos clientes, verificou-se pelo número de dados obtidos que esta amostra não poderia ser utilizada, pelo menos não como única, devido ao número reduzido de DMUs. Seria ideal um estudo realizado com esta avaliação devido à sua importância para a organização. A sua imparcialidade, envolvimento em conceitos como a melhoria contínua dos processos e relevância para o funcionamento e sobrevivência de qualquer organização. Assim foram elaborados dois casos de aplicação do modelo

proposto DEA, mas com a perspectiva dos cliente e dos gestor de projeto da organização, para conseguir obter uma perspectiva mais coerente da gestão do risco. Os casos contêm os mesmos *inputs* e no entanto, para ser possível uma análise comparativa foram considerados apenas três *outputs* dos listados anteriormente.

Outra limitação existente associada á ferramenta informática utilizado prende-se pelo número de DMUs avaliadas num dos casos. O *software* apenas permitiu a avaliação de 50 DMUs, enquanto a amostra inicial de um dos constava 61 fornecedores. Como o VC de cada fornecedor é um dos maiores parâmetros considerados pela organização, não serão considerados na amostra para o modelo os últimos 11 fornecedores que possuem um VC menor.

## Capítulo 5 – Principais Conclusões e Recomendações futuras

### 5.1 Principais conclusões do estudo

Nos dois casos analisados verificou-se que, embora em quantidades diferentes de fornecedores analisados, a maioria dos mesmos são eficientes ou próximos de atingirem a eficiência, sendo que de 93% para o caso I e 94% para o caso II, diferindo apenas um ponto percentual. Pelo que para o caso I, 3 (três) em 7 (sete) fornecedores e para o caso II, 11 (onze) dos 50 (cinquenta) fornecedores são eficientes. No geral é possível afirmar que os fornecedores operam a um bom nível de eficiência, mas que ainda existe margem para melhoria.

No caso I foram detetados 4 (quatro) em 7 (sete) fornecedores ineficientes. Relativamente aos *inputs*, estes todos têm folgas associados ao volume de compras e ao número médio de encomendas. Sendo que 3 (três) deles também têm folga associada ao indicador comercial de risco D&B. Isto sugere que a organização tem um elevado nível de compras e encomendas para com todos os fornecedores que são ineficientes, representando desta forma um maior risco para a mesma.

No âmbito dos *outputs*, 2 (dois) em 7 (sete) fornecedores apresentam folgas na logística e tecnologia, apenas 1 (um) apresenta folga na qualidade e outro apresenta folgas comuns na qualidade e tecnologia. Os fornecedores com folga associada ao parâmetro de qualidade necessitam de aumentar a qualidade dos serviços prestados no futuro, ao parâmetro logística diminuir prazos de execução dos serviços e/ou fornecimento de produtos, e ao parâmetro tecnologia desenvolver um conhecimento tecnológico mais amplo e diverso. Esta melhoria nos seus serviços, refletir-se-á posteriormente nas avaliações por parte dos clientes da organização, melhorando segundo o modelo proposto a sua eficiência.

A análise do valor  $\lambda_j$  indica que quanto maior seja, maior será a contribuição de uma DMU eficiente para um DMU ineficiente, sendo que neste caso prático um dos fornecedores foi considerado um *benchmark* para todos os fornecedores analisados. Isto é, um fornecedor foi identificado como exemplo para os restantes, e que para a organização comporta um menor risco, ou porque tem mais efeitos positivos, ou mais frequentemente cumpre os objetivos para com a mesma. No entanto, relevou-se também que um fornecedor tem mais do que um fornecedor como *benchmark* (isto é, mais do que um fornecedor como referência), sendo que o exemplo que mais contribui para a sua ineficiência é o que apresenta maior valor de  $\lambda_j$ .

No caso II observou-se que 11 (onze) em 50 (cinquenta) fornecedores são eficientes, e que 1 (um) dos 11 (onze) apresenta uma eficiência fraca.

De acordo com as folgas obtidas nos *inputs*, a organização necessita de diminuir com 16 (dezassexes) fornecedores o seu volume de compras, com 25 (vinte e cinco) reduzir o número médio de encomendas a realizar e solicitar a 22 (vinte e dois) dos fornecedores que diminuam a sua avaliação de risco D&B, de acordo com a avaliação feita de acordo com a organização independente. Ou seja, de um modo aproximado, metade dos fornecedores estudados necessitam de melhorar o seu indicador D&B e sofrer uma diminuição no número médio de encomendas realizadas pela organização, e com 1/3 (um terço) dos fornecedores a organização deve diminuir o seu volume de compras. As folgas associadas ao volume de compras e ao número médio de encomendas concluem que a organização tem um nível alto de compras e encomendas para a maioria dos fornecedores. Estes são caracterizados como ineficientes e que possuem o indicador D&B alto.

Relativamente às folgas obtidas nos *outputs*, 21 (vinte e um) fornecedores em 50 (cinquenta) exibem folgas associadas ao parâmetro qualidade, 7 (sete) apresentam folgas no parâmetro logística e 23 (vinte e três) possuem folgas no parâmetro tecnologia. Ao analisar-se os dados, aproximadamente metade dos fornecedores estudados apresentam folga nos parâmetros qualidade e tecnologia, e apenas 7 (sete) de um universo de 50 (cinquenta) fornecedores estão tangentes no campo logístico. De acordo com os gestores de projetos, os parâmetros de serviço avaliados no presente estudo, 39 (trinta e nove) dos fornecedores têm de fazer melhorias nos seus serviços a nível qualitativo, logístico e/ou tecnológico, o que representa um universo de mais de 50% (cinquenta) dos fornecedores, com que a organização mantém relações negociais. As melhorias nos seus serviços comportam-se de forma semelhante ao caso I e, reflete-se posteriormente nas avaliações por parte dos gestores de projeto da organização, melhorando segundo o modelo proposto a sua eficiência.

A maioria dos fornecedores no caso II apresenta folgas a nível de *inputs* e a nível dos *outputs*. Isto implica novamente, que o aumento proporcional dos *outputs* não é suficiente para tornar os fornecedores eficientes, devido aos *inputs* são utilizados em excesso e à existência de um défice de resultados de um (ou vários) *output(s)* em particular que contribuem também para a sua ineficiência. No entanto, neste caso 3 (três) fornecedores analisados apenas detêm folgas a nível dos *inputs*, e 2 (dois) apenas apresentam folgas ao nível dos *outputs*. O que representa uma necessidade de diminuição dos *inputs* utilizados em excesso e um aumento mais que proporcional nos *outputs*, respetivamente.



No caso II, 1 (um) dos fornecedores foi considerado *benchmark* para 29 (vinte e nove) em 39 (trinta e nove) dos fornecedores ineficientes. Isto é, foi identificado um fornecedor que comporta um menor risco, ou porque tem mais efeitos positivos, ou mais frequentemente cumpre os objetivos para com a organização. No entanto, à semelhança do caso I, mas em maior número, relevou-se que os fornecedores analisados podem ter mais do que um *benchmark*, sendo que o exemplo que mais contribui é o que apresenta maior valor de  $\lambda_j$ .

Os dois casos estudados, embora tivessem os mesmos *inputs*, diferem na forma como são avaliados relativamente aos *outputs*. Como referido, no caso I os *outputs* são obtidos através de uma avaliação externa, enquanto no caso II são obtidos através de uma avaliação interna da organização. Pelo que neste contexto admitiu-se que os *outputs* são suficientemente semelhantes para proceder-se a uma discussão comparativa dos dois casos.

No caso I foram obtidos 3 (três) fornecedores eficientes, enquanto no caso II foram 11 (onze) fornecedores eficientes, sendo um fornecedor considerado “eficiente fraco”. Nos dois casos não existe fornecedores comuns com eficiência máxima. No entanto, pela análise dos dados obtidos no caso II, os fornecedores eficientes no caso I têm eficiências elevadas no caso II, mais concretamente superiores a 89%.

Todos os fornecedores do caso I e a maioria dos fornecedores do caso II apresentam folgas ao nível de *inputs* e *outputs*, permitindo concluir que para ambos os casos, a produção de *outputs* é escassa e a utilização dos *inputs* é excessiva.

Apesar das eficiências, fontes de ineficiência, valores meta e *benchmarkings* obtidos nos dois casos não coincidirem, verificou-se ao longo do estudo e pela classificação de Yang (2009), que o nível comportamental do modelo em ambos os casos é o mesmo. Ou seja, é possível deduzir que a aplicação do modelo DEA no caso I é válido, devido à coerência dos valores obtidos, e no mesmo âmbito para o caso II e as conclusões serem idênticas, alterando os fornecedores e os valores. Nos dois casos estudados:

- Não existem DMUs distintamente ineficientes (< 69%);
- Existe uma diferença percentual de 11% relativamente às DMUs de eficiência média, no entanto continua a ser a segunda categoria com menor número de DMUs;
- As DMUs eficientes e as que variam entre 90% a 99%, constituem os maiores conjuntos de DMUs, sendo a sua totalidade aproximadamente igual a 60% no caso I e 80% no caso II.

Assim, concluiu-se que a principal diferença entre os dois casos reside na avaliação, em que no caso I é externa e no caso II interna. Sendo que será mais vantajoso para a organização recorrer a valores obtidos para o caso I, uma vez que se trata de uma avaliação externa e do cliente final. Desta forma, existirá uma maior imparcialidade para o fornecedor em causa, como também envolvimento em conceitos como melhoria contínua e obviamente relevante para o funcionamento e sobrevivência de qualquer organização.

Um dos objetivos propostos no presente estudo, é uma avaliação dos fornecedores mais simples, rápida e concreta. A aplicação do método de avaliação de fornecedores atual demora aproximadamente 90 dias a ser concluído, e onde se classificam apenas 20% dos fornecedores. Com o modelo proposto no presente estudo recorreu-se a uma ferramenta computacional, o DEEOS, que permitiu obter a avaliação dos mesmos 20% que no modelo da organização e com um tempo aproximado de 30 dias. Desta forma estima-se que seja possível avaliar 100% dos fornecedores num espaço temporal inferior a 90 dias. Contudo não existem dados que sustentem este período de tempo em concreto. O desenvolvimento proposto para cada fornecedor, no modelo atual da organização apenas é desenvolvido de um modo genérico (Capítulo 3 - figura 3.4), enquanto que o modelo proposto apresenta eficiências concretas para cada fornecedor e os pontos de melhoria necessários por parte dos mesmos, como já referido, a nível logístico, de qualidade e tecnológico.

## **5.2 Recomendações para trabalhos futuros**

No seguimento deste trabalho e tendo em conta as limitações enunciada anteriormente, sugere-se em primeiro lugar a aplicação do modelo proposto a um maior conjunto de fornecedores, aumentando ainda mais o poder discriminatório do DEA e a fiabilidade dos resultados.

Aumentando a dimensão da amostra seria possível a inclusão de mais variáveis ao estudo. Este aumento no número de variáveis iria enriquecer a análise dos resultados, permitindo observar as diferentes consequências e resultados de diferentes combinações de *inputs* e *outputs*, e ver de que forma a sua inclusão influencia os resultados.

Como recomendação para um possível estudo, é a aplicação do presente modelo com segmentação de fornecedores. Isto é, subdividindo os fornecedores por categorias (automação, segurança, entre outros). O presente estudo não inclui segmentação de fornecedores por insuficiência de dados e por necessidades de análise comparativa, sendo que uma possível aplicação futura do presente modelo, deverá considerar a mesma.

Seria importante que a amostra refletisse as avaliações dos clientes da organização devido à sua imparcialidade, envolvimento em conceitos como a melhoria contínua dos processos e relevância para o funcionamento e sobrevivência de qualquer organização. No entanto, as avaliações dos gestores de projeto também são considerações importantes e representam um ponto de vista diferente no mesmo âmbito das avaliações dos clientes.

O modelo proposto para avaliar a eficiência dos fornecedores baseou-se na aplicação do modelo BCC clássico do método DEA. Atualmente existem inúmeras extensões a este método e seus modelos que podem servir melhor o interesse do problema abordado. Neste âmbito, o trabalho futuro poderá passar pela aplicação ou fusão de diferentes modelos.

Por fim, sugere-se que os gestores da organização onde foi desenvolvida a presente dissertação que adotem o DEA, como uma ferramenta padrão de avaliação de eficiência e apoio à tomada de decisão, para a melhoria contínua dos seus processos internos.



## Referências Bibliográficas

Adobor, H. & McMullen, R. S., 2014. Strategic purchasing and supplier partnerships — The role of a third party organization. *Journal of Purchasing & Supply Management*, Volume 20, pp. 263-272.

Agasisti, T. & Ricca, L., 2015. Comparing the Efficiency of Italian Public and Private Universities (2007-2011): An empirical analysis. *Italian Economic Association Journal*.

Andrade, R. P. d., 2011. A construção do conceito de incerteza: uma comparação das contribuições de Knight, Keynes, Shackle e Davidson. *Nova Economia Belo Horizonte*, Volume 21, pp. 171-195.

Aven, T., 2010. On how to define, understand and describe risk. *Reliability Engineering and System Safety*, Volume 95, pp. 623-631.

Aven, T., 2011. On the new ISO guide on risk management terminology. *Reliability Engineering and System Safety*, Volume 96, pp. 719-726.

Aven, T., 2012. The risk concept — historical and recent development trends. *Reliability Engineering and System Safety*, Volume 99, pp. 33-44.

Ávila, P. et al., 2012. Supplier's selection model based on an empirical study. *Procedia Technology*, Volume 5, pp. 625-634.

Azadi, M., Jafarian, M., Saen, R. F. & Mirhedayatian, S. M., 2015. A new fuzzy DEA model for evaluation of efficiency and effectiveness of suppliers in sustainable supply chain management context. *Computers & Operations Research*, Volume 54, pp. 274-285.

Banker, R. D., Cooper, W. W., Seiford, L. M. & Zhu, J., 2011. Returns to Scale in DEA. In: *Handbook on Data Envelopment Analysis*. 2nd ed. Boston: Springer.

Brown, R., 2006. Mismanagement or mismeasurement? Pitfalls and protocols for DEA studies in the financial services sector. *European Journal of Operational Research*, Volume 174, pp. 1100-1116.

- Chen, J.-Y. & Baddam, S., 2015. The effect of unethical behavior and learning on strategic supplier selection. *Int. J. Production Economics*, Volume 167, pp. 74-87.
- Chen, Y.-J., 2011. Structured methodology for supplier selection and evaluation in the supply chain. *Information Sciences*, Volume 181, pp. 1651-1670.
- Chung, S.-H., Lee, A. H. & Pearn, W., 2005. Analytic networkprocess (ANP) approach for product mix planning in semiconductor fabricator. *Int. J. Production Economics*, Volume 96, pp. 15-36.
- Coelli, T. J., 1995. Recent Developments in Frontier Modelling and Efficiency Measurement. *Australian Journal of Agricultural Economics*, Volume 39, pp. 219-245.
- Coelli, T. J., Rao, S. P. D., O'Donnell, C. J. & Battese, G. E., 2005. *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. 2nd ed. Boston(MA): Springer.
- Communities and Local Government, 2009. *Multi-criteria analysis: a manual*. London: Crown.
- Cook, W. D. & Seiford, L. M., 2009. Data Envelopment Analysis (DEA) - Thirty years on. *European Journal of Operational Research*, Volume 192, pp. 1-17.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M. & Tone, K., 2002. *Data Envelopment Analysis - A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M. & Zhu, J., 2011. Data envelopment Analysis: History, Models, and Interpretations. In: *Handbook on Data Envelopment Analysis*. 2nd ed. Boston, M.A: Springer.
- Dourado, A., 2009. *Aplicação da Data Envelopment Analysis na determinação da eficiência empresarial em ambientes colaborativos*. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologia.
- Easton, L., Murphy, D. J. & Pearson, J. N., 2002. Purchasing performance evaluation: with data envelopment analysis. *European Journal of Purchasing & Supply Management* 8, Volume 8, pp. 123-134.
- Emrouznejad, A., Parker, B. R. & Tavares, G., 2008. Evaluation of research in efficiency and productivity: a survey and analysis of the first 30 years of scholarly literature in DEA.. *Socio-Economic Planning Sciences*, Volume 42, pp. 151-157.

- Filho, M. M., 2014. *Sequenciamento de produção e lógica fuzzy: incorporando elementos de gestão de estoque*. Rio de Janeiro: s.n.
- Frame, J. D., 2003. *Managing Risk in Organizations - A Guide for Managers*. São Francisco: Jossey-Bass.
- Görener, A., 2012. Comparing AHP and ANP - An Application of Strategic Decisions Making in a Manufacturing Company. *International Journal of Business and Social Science* , Volume 3, pp. 194-208.
- Hallikas, J. et al., 2004. Risk management processes in supplier networks. *Int. J. Production Economics*, Volume 90, pp. 47-58.
- Harland, C., Brenchley, R. & Walker, H., 2003. Risk in supply networks. *Journal of Purchasing & Supply Management*, Volume 9, pp. 51-62.
- Hosseininassab, A. & Ahmadi, A., 2015. Selecting a supplier portfolio with value, development, and risk consideration. *European Journal of Operational Research*, Volume 245, pp. 146-156.
- Ho, W., Xu, X. & Dey, P. K., 2009. Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review. *European Journal of Operational Research*, Volume 202, pp. 16-24.
- Ho, W., Zheng, T., Yildiz, H. & Talluri, S., 2015. Supply chain risk management: a literature review. *International Journal of Production Research*, Volume 53, pp. 5031-5069.
- Kao, C., 2014. Network data envelopment analysis: a review. *European Journal of Operational Research*, Volume 239, pp. 1-16.
- Krause, D. R., Pagell, M. & Curkovic, S., 2001. Toward a measure of competitive priorities for purchasing. *Journal of Operations Management*, Volume 19, pp. 497-512.
- Kull, T. J. & Talluri, S., 2008. A Supply Risk Reduction Model Using Integrated Multicriteria Decision Making. *IEEE Transactions on Engineering Management*, Volume 55.
- Lima Junior, F. R. & Carpinetti, L. C. R., 2015. Uma comparação entre os métodos TOPSIS e Fuzzy-TOPSIS no apoio à tomada de decisão multicritério para seleção de fornecedores. *Gestão de Produção*, Volume 22, pp. 17-34.

Liu, J. S., Lu, L. Y. Y., Lu, W.-M. & Lin, B. J. Y., 2013. Data envelopment analysis 1978–2010: A citation-based literature survey. *Omega*, Volume 41, pp. 3-15.

Lu, D., 2011. *Fundamentals of Supply Chain Management*. s.l.:Dr. Dawei Lu & Ventus Publishing ApS.

Morais, P. & Camanho, A. S., 2011. Evaluation of performance of European Cities with the aim to promote quality of life improvements. *Omega*, Volume 39, pp. 398-409.

Osiro, L., 2013. *Uso da lógica fuzzy para avaliação e desenvolvimento de fornecedores baseado em modelos de portfólio*. São Carlos: s.n.

Osiro, L., Lima-Junior, F. R. & Carpinetti, L. C. R., 2014. A fuzzy logic approach to supplier evaluation for development. *Int. J. Production Economics*, Volume 153, pp. 95-112.

Ozcan, Y. A., 2008. *Health Care Benchmarking and Performance Evaluation An Assessment using Data Envelopment Analysis (DEA)*. Newton, MA: Springer.

Parthiban, D. P., Zubar, H. A. & Garge, C. P., 2012. A multi criteria decision making approach for suppliers selection. *Procedia Engineering*, Volume 38, pp. 2312-2328.

Peña, C. R., 2008. *Um Modelo de Avaliação da Eficiência da Administração Pública através do Método Análise Envoltória de Dados (DEA)*. Curitiba: RAC.

Pidd, M., 2012. *An Introduction to Data Envelopment Analysis: A Tool for Performance Measurement*. New York: Cambridge University Press.

Project Management Institute, 2013. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*. Pennsylvania: Project Management Institute, Inc..

Santos, I. C. V. d., 2011. *Estudos de Caso de Custo total de Propriedade TCO (Total cost of Ownership)*. São Paulo: s.n.

Santos, J. M. P. d., 2013. *Avaliação da eficiência e produtividade de empresas de base tecnológica em incubadoras: o caso de estudo do Madan Parque*. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologia.



Silva, L. M. d., 2013. *Modelagem Fuzzy como Subsídios para a espacialização da Vulnerabilidade Costeira à Erosão*. Recife: s.n.

Singh, A., 2014. Supplier evaluation and demand allocation among suppliers in a supply chain. *Journal of Purchasing & Supply Management*, Volume 20, pp. 167-176.

Sravani, M., 2014. Technical Efficiency of Public Sector Banks in India Using Data Envelopment Analysis. *Journal of Business and Management*, Volume 16, pp. 52-59.

Steering Committee, 1997. *Data Envelopment Analysis - A Technique for Measuring the Efficiency of Government Service Delivery*. Melbourne: Commonwealth of Australia.

Tapkan, P., Ozbakir, L. & Baykasoglu, A., 2013. Solving fuzzy multiple objective generalized assignment problems directly via bees algorithm and fuzzy ranking. *Expert Systems with Applications*, Volume 40, pp. 892-898.

Toloo, M. & Nalchigar, S., 2009. A new integrated DEA model for finding most BCC-efficient DMU. *Science Direct*, Volume 33, pp. 597-604.

Trindade, D. M. M. d. S., 2014. *Um modelo de avaliação da eficiência de gestão de projectos: caso de estudo EDP distribuição*. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologia.

Tseng, M., 2015. Sustainable supply chain management - A closed-loop network hierarchical approach. *Industrial Management & Data Systems*, Volume 115, pp. 436-461.

Vilko, J. P. P. & Hallikas, J. M., 2012. Risk assessment in multimodal supply chains. *Int. J. Production Economics*, Volume 140, pp. 586-595.

Wu, J. et al., 2015. Measuring energy and environmental efficiency of transportation systems in China based on a parallel DEA approach. *Transportation Research Part D*.

Yang, M., Li, Y., Chen, Y. & Liang, L., 2014. An equilibrium efficiency frontier data envelopment analysis approach for evaluating decision-making units with fixed-sum outputs. *European Journal of Operational Research*, Volume 239, pp. 479-489.

Yuan, X. H., Ji, X., Chen, H. & Chen, G. Q., 2008. Urban dynamics and multiple-objective programming: A case study of Beijing. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, Volume 13, pp. 1998-2017.

Zadeh, L. A., 1973. Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Volume 3, pp. 28-44.

Zhou, P., Ang, B. W. & Poh, K. L., 2008. A survey of data envelopment analysis in energy and environmental studies. *European Journal of Operational Research*, Volume 189, pp. 1-18.

Zhu, J., 2009. *Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking - Data Envelopment with Spreadsheets*. 2nd ed. New York: Springer.